

## CARL SAGAN -- COSMOS.

### Introducción.

Llegará una época en la que una investigación diligente y prolongada sacará a la luz cosas que hoy están ocultas. La vida de una sola persona, aunque estuviera toda ella dedicada al cielo, sería insuficiente para investigar una materia tan vasta... Por lo tanto este conocimiento sólo se podrá desarrollar a lo largo de sucesivas edades. Llegará una época en la que nuestros descendientes se asombrarán de que ignoráramos cosas que para ellos son tan claras... Muchos son los descubrimientos reservados para las épocas futuras, cuando se haya borrado el recuerdo de nosotros. Nuestro universo sería una cosa muy limitada si no ofreciera a cada época algo que investigar... La naturaleza no revela sus misterios de una vez para siempre.

*SÉNECA, Cuestiones naturales,*  
libro 7, siglo primero

En los tiempos antiguos, en el lenguaje y las costumbres de cada día, los sucesos más mundanos estaban conectados con los acontecimientos de mayor trascendencia cósmica. Un ejemplo encantador de ello es el conjuro contra el gusano al cual los asirios del año 1000 a. de C. atribuían el dolor de muelas. Se inicia con el origen del universo y acaba con un remedio para el dolor de muelas:

Después de que Anu hubiera creado el cielo,  
y de que el cielo hubiera creado la tierra,  
y de que la tierra hubiera creado los ríos,  
y de que los ríos hubieran creado los canales,  
y de que los canales hubieran creado el cenagal,  
y de que el cenagal hubiera creado el gusano,  
el gusano se presentó llorando ante Shamash, derramando sus lágrimas ante  
Ea:

¿Qué vas a darme para que pueda comer? ¿Qué vas a darme para que pueda beber? Te daré el higo seco y el albaricoque.

¿De qué me van a servir un higo seco y un albaricoque?

Levántame, y entre los dientes

Y las encías permíteme que resida... Por haber dicho esto, oh gusano, que  
Ea te castigue con el poder de su mano

(Conjuro contra el dolor de muelas.)

**Tratamiento:** Has de mezclar cerveza de segundo grado... y aceite; has de recitar tres veces el conjuro sobre la medicina y aplicarla luego sobre el diente.

Nuestros antepasados estaban muy ansiosos por comprender el mundo, pero no habían dado todavía con el método adecuado. Imaginaban un mundo pequeño, pintoresco y ordenado donde las fuerzas dominantes eran dioses como Anu, Ea

y Shamash. En este universo las personas jugaban un papel importante, aunque no central. Estábamos ligados íntimamente con el resto de la Naturaleza. El tratamiento del dolor de muelas con cerveza de segunda calidad iba unido a los misterios cosmológicos más profundos.

Actualmente hemos descubierto una manera eficaz y elegante de comprender el universo: un método llamado ciencia. Este método nos ha revelado un universo tan antiguo y vasto que a primera vista los asuntos humanos parecen de poco peso. Nos hemos ido alejando cada vez más del Cosmos, hasta parecernos algo remoto y sin consecuencias importantes para nuestras preocupaciones de cada día. Pero la ciencia no sólo ha descubierto que el universo tiene una grandeza que inspira vértigo y éxtasis, una grandeza accesible a la comprensión humana, sino también que nosotros formamos parte, en un sentido real y profundo, de este Cosmos, que nacimos de él y que nuestro destino depende íntimamente de él. Los acontecimientos humanos más básicos y las cosas más triviales están conectadas con el universo y sus orígenes. Este libro está dedicado a la exploración de estas perspectivas cósmicas.

En la primavera y otoño de 1976 yo formaba parte del equipo de imagen en vuelo del vehículo de aterrizaje Viking, y me dedicaba junto con cientos de científicos colegas a la exploración del planeta Marte. Por primera vez en la historia humana habíamos hecho aterrizar dos vehículos espaciales en la superficie de otro mundo. Los resultados, descritos de modo más completo en el capítulo 5, fueron espectaculares, y el significado histórico de la misión quedó claro para todos. Sin embargo, el público en general apenas sabía nada de estos grandes acontecimientos. La prensa en su mayoría no les prestaba atención; la televisión ignoró la misión casi por completo. Cuando se tuvo la seguridad de que no se obtendría una respuesta definitiva sobre la posible existencia de vida en Marte, el interés disminuyó todavía más. La ambigüedad se toleraba muy poco. Cuando descubrimos que el cielo de Marte presentaba un color amarillo rosado en lugar del azul que se le había atribuido al principio, equivocadamente, el anuncio fue recibido por un coro de joviales silbidos por parte de los periodistas reunidos: querían que incluso en este aspecto Marte se pareciera a la Tierra. Creían que su público se desinteresaría paulatinamente de Marte a medida que el planeta resultase cada vez más distinto de la Tierra. Y sin embargo, los paisajes de Marte son impresionantes, las vistas conseguidas imponentes. Yo sabía positivamente, por experiencia propia, que existe un enorme interés global por la exploración de los planetas y por muchos temas científicos relacionados con ella: el origen de la vida, la Tierra y el Cosmos, la búsqueda de inteligencias extraterrestres, nuestra conexión con el universo. Y estaba seguro que se podía estimular este interés a través del medio de comunicación más poderoso, la televisión.

Compartía mi opinión B. Gentry Lee, el director de análisis de datos y planificación de la misión Viking, hombre de extraordinarias capacidades organizativas. Decidimos, como una apuesta, enfrentarnos con el problema nosotros mismos. Lee propuso que formáramos una compañía productora dedicada a la difusión de la ciencia de un modo atractivo y accesible. En los

meses siguientes nos propusieron un cierto número de proyectos. Pero el proyecto más interesante fue el propuesto por KCET, la rama del Servicio Público de Radiodifusión en Los Angeles. Aceptamos finalmente producir de modo conjunto una serie de televisión en trece episodios orientada hacia la astronomía pero con una perspectiva humana muy amplia. Su destinatario sería un público popular, tenía que producir impacto desde el punto de vista visual y musical y tenía que afectar al corazón tanto como a la mente. Hablamos con guionistas, contratamos un productor ejecutivo y nos vimos embarcados en un proyecto de tres años llamado *Cosmos*. En el momento de escribir estas líneas, el programa tiene un público espectador en todo el mundo estimado en 140 millones de personas, es decir el tres por ciento de la población humana del planeta Tierra. Su lema es que el público es mucho más inteligente de lo que se suele suponer; que las cuestiones científicas más profundas sobre la naturaleza y el origen del mundo excitan los intereses y las pasiones de un número enorme de personas. La época actual es una encrucijada histórica para nuestra civilización y quizás para nuestra especie. Sea cual fuere el camino que sigamos, nuestro destino está ligado indisolublemente a la ciencia. Es esencial para nuestra simple supervivencia que comprendamos la ciencia. Además la ciencia es una delicia; la evolución nos ha hecho de modo tal que el hecho de comprender nos da placer porque quien comprende tiene posibilidades mayores de sobrevivir. La serie de televisión *Cosmos* y este libro son un intento ilusionado para difundir algunas de las ideas, métodos y alegrías de la ciencia.

Esta obra y la serie televisiva evolucionaron conjuntamente. En cierto modo cada una se basa en la otra. Muchas ilustraciones de este libro se basan en los impresionantes montajes visuales preparados para la serie televisiva. Pero los libros y las series televisivas tienen unos públicos algo diferentes y permiten enfoques distintos. Una de las grandes virtudes de un libro es que permite al lector volver repetidamente a los pasajes oscuros o difíciles; esta posibilidad no se ha hecho real en la televisión hasta hace poco con el desarrollo de la tecnología de los discos y las cintas de vídeo. El autor, al elegir el alcance y profundidad de sus temas, dispone de mucha mayor libertad cuando escribe un capítulo de un libro que cuando elabora los cincuenta y ocho minutos con treinta segundos, dignos de Procasto, de un programa de televisión no comercial. Este libro trata muchos temas con mayor profundidad que la serie de televisión. Hay temas discutidos en el libro que no se tratan en la serie televisiva y viceversa. Cuando escribía estas líneas no era seguro que sobreviviera a los rigores del montaje televisivo la serie de dibujos basados en Tenniel de Alicia y sus amigos en ambientes de alta y baja gravedad. Me encanta haber podido acoger aquí estas preciosas ilustraciones del artista, Brown, y la discusión que las acompaña. En cambio no aparecen aquí representaciones explícitas del calendario cósmico, que aparece en la serie televisiva, en parte porque el calendario cósmico se discute ya en mi obra *los dragones del Edén*; tampoco he querido tratar aquí muy detalladamente la vida de Robert Goddard, porque le dediqué un capítulo en *El cerebro de Broca*. Pero cada episodio de la serie televisiva sigue con bastante fidelidad el correspondiente capítulo de esta obra; y

me gusta imaginar que el placer proporcionado por una obra aumentará gracias a las referencias que da sobre la otra.

En algunos casos y por razones de claridad he presentado una idea más de una vez: al principio de modo superficial y luego con mayor profundidad en sucesivas ocasiones. Esto sucede por ejemplo con la introducción a los objetos cósmicos del capítulo 1, que luego son examinados de modo más detallado; o en la discusión de las mutaciones, las enzimas y los ácidos nucleicos del capítulo 2. En unos pocos casos los conceptos se han presentado sin tener en cuenta el orden histórico. Por ejemplo, las ideas de los antiguos científicos griegos aparecen en el capítulo 7, bastante después de la discusión de Johannes Kepler en el capítulo 3: Pero creo que la mejor manera de apreciar a los griegos es ver primero lo que estuvieron en un tris de conseguir.

La ciencia es inseparable del resto de la aventura humana y por lo tanto no puede discutirse sin entrar en contacto, a veces de pasada, otras veces en un choque frontal, con un cierto número de cuestiones sociales, políticas, religiosas y filosóficas. La dedicación mundial a las actividades militares llega a introducirse incluso en la filmación de una serie televisiva dedicada a la ciencia. Cuando simulábamos la exploración de Marte en el desierto de Mohave con una versión a escala real del vehículo de aterrizaje Viking, continuamente nos veíamos interrumpidos por la Fuerza Aérea de los Estados Unidos que llevaba a cabo vuelos de bombardeo en el cercano campo de pruebas. En Alejandría, Egipto, cada mañana de nueve a once nuestro hotel se convertía en el objetivo de prácticas de hostigamiento de la Fuerza Aérea egipcia. En Samos, Grecia, hasta el último momento no nos dieron permiso para filmar en ningún punto de la isla, debido a unas maniobras de la OTAN y a la construcción bajo tierra y en laderas de montañas de unas madrigueras destinadas claramente a emplazamientos de artillería y tanques. En Checoslovaquia la utilización de *walkie talkies* para organizar el apoyo logística en la filmación de una carretera rural atrajo la atención de un caza de la Fuerza Aérea checa que se puso a dar vueltas sobre nosotros hasta que pudimos convencerle en checo de que no estábamos perpetrando nada que amenazara la seguridad nacional. En Grecia, Egipto y Checoslovaquia nuestros equipos de filmación iban acompañados en todas partes por agentes del aparato estatal de seguridad. Unas gestiones preliminares para filmar en Kaluga, URSS, e incluir unas secuencias en proyecto sobre la vida de un pionero ruso de la astronáutica, Konstantin Tsiolkovsky, toparon con una negativa: después descubrimos que se iban a celebrar allí unos juicios contra disidentes. Nuestros equipos de filmación fueron tratados con mucha amabilidad en todos los países que visitamos; pero la presencia militar global, el temor en el corazón de las naciones, era omnipresente. Esta experiencia confirmó mi decisión de tratar las cuestiones sociales que fueran relevantes, tanto en la serie como en el libro.

La esencia de la ciencia es que se autocorrige. Nuevos resultados experimentales y nuevas ideas están resolviendo continuamente viejos misterios. Por ejemplo en el capítulo 9 hablamos de que el Sol parece estar generando un número demasiado pequeño de neutrinos, unas partículas muy difíciles de

captar. Allí se repasan algunas de las explicaciones propuestas. En el capítulo 10 nos preguntamos si hay materia suficiente en el universo para que llegue a detener en algún momento la recesión de las galaxias distantes, y si el universo es infinitamente viejo y por lo tanto increado. Los experimentos de Frederick Reines de la Universidad de California, pueden haber echado desde entonces algo de luz sobre estas cuestiones; este investigador cree haber descubierto: a) que los neutrinos existen en tres estados distintos, de los cuales sólo uno podía detectarse con los telescopios de

neutrinos que estudian el Sol; y b) que los neutrinos al contrario que la luz poseen masa, de modo que la gravedad de todos los neutrinos en el espacio puede contribuir a cerrar el Cosmos y a impedir que se expanda indefinidamente. Futuros experimentos dirán si estas ideas son correctas. Pero son ideas que ilustran el replanteamiento continuo y vigoroso a que se somete la sabiduría transmitida y que es un elemento fundamental de la vida científica.

Es imposible en un proyecto de esta magnitud dar las gracias a todos los que han contribuido a él. Sin embargo me gustaría expresar una gratitud especial a B. Gentry Lee; al personal de producción de *Cosmos*, entre ellos los productores principales Geoffrey Haines Stiles y David Kennard y el productor ejecutivo Adrian Malone; a los artistas Jon Lomberg (quien jugó un papel clave en el diseño original y en la organización de los montajes visuales de *Cosmos*), John Allison, Adolf Schaller, Rick Stembach, Don Davis, Brown y Anne Norcia; a los consejeros Donald Goidsmith, Owen Gingerich, Paul Fox y Diane Ackerrnan, a Cameron Beck; a la dirección de KCET, especialmente Greg Adorfer, que nos presentó por primera vez la propuesta de KCET, Chuck Allen, William Lamb, y James Loper; y a los subguionistas y coproductores de la serie televisiva *Cosmos*, incluyendo a la Atlantic Richfield Company, la Corporación para la Radiodifusión Pública, las Fundaciones Arthur Vining Davis, la Fundación Alfred P. Sloan, la British Broadeasting Corporation, y Polytel International. Al final de la obra se dan los nombres de otros colaboradores que ayudaron a esclarecer cuestiones de detalle o de enfoque. Sin embargo, como es lógico la responsabilidad final del contenido del libro recae sobre mí. Doy las gracias al personal de Random House, especialmente a la encargada de la edición de mi obra, Anne Freedgood, y al diseñador del libro, Robert Aulicino, por su experta colaboración y por la paciencia que demostraron cuando las fechas límite para la serie televisiva y para el libro parecía que entraban en conflicto. Tengo una deuda especial de gratitud para con Shirley Arden, mi ayudante ejecutiva, por mecanografiar los primeros borradores de este libro y por conducir los borradores posteriores a través de todas las fases de producción con la alegre competencia que le caracteriza. Es éste únicamente uno de los muchos motivos de agradecimiento profundo que el proyecto *Cosmos* tiene con ella. Me siento más agradecido de lo que pueda expresar a la administración de la Universidad de Cornell por concederme una excedencia de dos años que me permitió llevar a cabo este proyecto, a mis colegas y estudiantes de la Universidad, y a mis colegas de la NASA, del JPL y del equipo de óptica del Voyager.

El agradecimiento más profundo por la elaboración de *Cosmos* se lo debo a Ann Druyan y a Steven Soter, mis coguionistas de la serie televisiva. Contribuyeron de modo fundamental y repetido a las ideas básicas y a sus conexiones, a la estructura intelectual general de los episodios, y a la justeza del estilo. Agradezco mucho sus lecturas intensamente críticas de las primeras versiones de este libro, sus sugerencias constructivas y creativas para la revisión de muchos borradores, y sus contribuciones importantes al guión de televisión que influyeron de muchas maneras en el contenido de este libro. La satisfacción que me proporcionaron las muchas discusiones sostenidas es una de mis recompensas principales por el proyecto *Cosmos*.

*Ithaca y Los Ángeles, mayo de 1980.*

### Capítulo 1.

#### En la orilla del océano cósmico.

Los primeros hombres creados y formados se llamaron el Brujo de la Risa Fatal, el Brujo de la Noche, el Descuidado y el Brujo Negro... Estaban dotados de inteligencia y consiguieron saber todo lo que hay en el mundo. Cuando miraban, veían al instante todo lo que estaba a su alrededor, y contemplaban sucesivamente el arco del cielo y el rostro redondo de la tierra... 1 Entonces el Creador dijo]: Lo saben ya todo... ¿qué vamos a hacer con ellos? Que su vista alcance sólo a lo que está cerca de ellos, que sólo puedan ver una pequeña parte del rostro de la tierra... No son por su naturaleza simples criaturas producto de nuestras manos? ¿Tienen que ser también dioses?

*El Popol Vuh* de los mayas quiché

¿Has abrazado el conjunto de la tierra ?

¿Por dónde se va a la morada de la luz, y dónde residen las tinieblas ?

#### Libro de Job

No debo buscar mi dignidad en el espacio, si no en el gobierno de mi pensamiento. No tendré más aunque posea mundos. Si fuera por el espacio, el universo me rodearía y se me tragaría como un átomo; pero por el pensamiento yo abrazo el mundo.

#### BLAISE PASCAL, Pensées

Lo conocido es finito, lo desconocido infinito; desde el punto de vista intelectual estamos en una pequeña isla en medio de un océano ¡limitaba de inexplicabilidad. Nuestra tarea en cada generación es recuperar algo más de tierra.

#### T. H. HUXLEY, 1887

EL COSMOS ES TODO LO QUE ES LO QUE FUE O LO QUE SERÁ ALGUNA VEZ. Nuestras contemplaciones más tibias del Cosmos nos conmueven: un escalofrío

recorre nuestro espinazo, la voz se nos quiebra, hay una sensación débil, como la de un recuerdo lejano, o la de caer desde lo alto. Sabemos que nos estamos acercando al mayor de los misterios.

El tamaño y la edad del Cosmos superan la comprensión normal del hombre. Nuestro diminuto hogar planetario está perdido en algún punto entre la inmensidad y la eternidad. En una perspectiva cósmica la mayoría de las preocupaciones humanas parecen insignificantes, incluso frívolas. Sin embargo nuestra especie es joven, curiosa y valiente, y promete mucho. En los últimos milenios hemos hecho los descubrimientos más asombrosos e inesperados sobre el Cosmos y el lugar que ocupamos en él; seguir el hilo de estas exploraciones es realmente estimulante. Nos recuerdan que los hombres han evolucionado para admirar se de las cosas, que comprender es una alegría, que el conocimiento es requisito esencial para la supervivencia. Creo que nuestro futuro depende del grado de comprensión que tengamos del Cosmos en el cual flotamos como una mota de polvo en el cielo de la mañana.

Estas exploraciones exigieron a la vez escepticismo e imaginación. La imaginación nos llevará a menudo a mundos que no existieron nunca. Pero sin ella no podemos llegar a ninguna parte. El escepticismo nos permite distinguir la fantasía de la realidad, poner a prueba nuestras especulaciones. La riqueza del Cosmos lo supera todo: riqueza en hechos elegantes, en exquisitas interrelaciones, en la maquinaria sutil del asombro.

La superficie de la Tierra es la orilla del océano cósmico. Desde ella hemos aprendido la mayor parte de lo que sabemos. Recientemente nos hemos adentrado un poco en el mar, vadeando lo suficiente para mojar los dedos de los pies, o como máximo para que el agua nos llegara al tobillo. El agua parece que nos invita a continuar. El océano nos llama. Hay una parte de nuestro ser concedora de que nosotros venimos de allí. Deseamos retomar. No creo que estas aspiraciones sean irreverentes, aunque puedan disgustar a los dioses, sean cuales fueren los dioses posibles.

Las dimensiones del Cosmos son tan grandes que el recurrir a unidades familiares de distancia, como metros o kilómetros, que se escogieron por su utilidad en la Tierra, no serviría de nada. En lugar de ellas medimos la distancia con la velocidad de la luz. En un segundo un rayo de luz recorre casi 300 000 kilómetros, es decir que da diez veces la vuelta a la Tierra. Podemos decir que el Sol está a ocho minutos luz de distancia. La luz en un año atraviesa casi diez billones de kilómetros por el espacio. Esta unidad de longitud, la distancia que la luz recorre en un año, se llama año luz. No mide tiempo sino distancias, distancias enormes.

La Tierra es un lugar, pero no es en absoluto el único lugar. No llega a ser ni un lugar normal. Ningún planeta o estrella o galaxia puede ser normal, porque la mayor parte del Cosmos está vacía. El único lugar normal es el vacío vasto, frío y universal, la noche perpetua del espacio intergaláctico, un lugar tan extraño y desolado que en comparación suya los planetas, y las estrellas y las galaxias se nos antojan algo dolorosamente raro y precioso. Si nos soltaran al azar dentro del Cosmos la probabilidad de que nos encontráramos sobre un planeta o cerca

de él sería inferior a una parte entre mil millones de billones de billones' (1 0 , un uno seguido de 33 ceros). En la vida diaria una probabilidad así se considera nula. Los mundos son algo precioso.

Si adoptamos una perspectiva intergaláctica veremos esparcidos como la espuma marina sobre las ondas del espacio innumerables zarcillos de luz, débiles y tenues. Son las galaxias. Algunas son viajeras solitarias; la mayoría habitan en cúmulos comunales, apretadas las unas contra las otras errando eternamente en la gran oscuridad cósmica. Tenemos ante nosotros el Cosmos a la escala mayor que conocemos. Estamos en el reino de las nebulosas, a ocho mil millones de años luz de la Tierra, a medio camino del borde del universo conocido.

Una galaxia se compone de gas y de polvo y de estrellas, de miles y miles de millones de estrellas. Cada estrella puede ser un sol para alguien. Dentro de una galaxia hay estrellas y mundos y quizás también una proliferación de seres vivientes y de seres inteligentes y de civilizaciones que navegan por el espacio. Pero desde lejos una galaxia me recuerda más una colección de objetos cariñosamente recogidos: quizás de conchas marinas, o de @orales, producciones de la naturaleza en su incesante labor durante eones en el océano cósmico.

Hay unos cientos de miles de millones de galaxias (1 0 cada una con un promedio de un centenar de miles de millones de estrellas. Es posible que en todas las galaxias haya tantos planetas como estrellas,  $10^{11} \times 10^{11} = 10^{22}$ , diez mil millones de billones. Ante estas cifras tan sobrecogedoras, ¿cuál es la probabilidad de que una estrella ordinaria, el Sol, vaya acompañada por un planeta habitado? ¿Por qué seríamos nosotros los afortunados, medio escondidos en un rincón olvidado del Cosmos? A mí se me antoja mucho más probable que el universo rebose de vida. Pero nosotros, los hombres, todavía lo ignoramos. Apenas estamos empezando nuestras exploraciones. Desde estos ocho mil millones de años luz de distancia tenemos grandes dificultades en distinguir el cúmulo dentro del cual está incrustada nuestra galaxia Vía Láctea, y mucho mayores son para distinguir el Sol o la Tierra. El único planeta que sabemos seguro que está habitado es un diminuto grano de roca y de metal, que brilla débilmente gracias a la luz que refleja del Sol, y que a esta distancia se ha esfumado totalmente.

Pero ahora nuestro viaje nos lleva a lo que los astrónomos de la Tierra llaman con gusto el Grupo Local de galaxias. Tiene una envergadura de varios millones de años luz y se compone de una veintena de galaxias. Es un cúmulo disperso, oscuro y sin pretensiones. Una de estas galaxias es M31, que vista desde la Tierra está en la constelación de Andrómeda. Es, como las demás galaxias espirales, una gran rueda de estrellas, gas y polvo. M31 tiene dos satélites pequeños, galaxias elípticas enanas unidas a ella por la gravedad, por las mismas leyes de la física que tienden a mantenerme sentado en mi butaca. Las leyes de la naturaleza son las mismas en todo el Cosmos. Estamos ahora a dos millones de años luz de casa.



Más allá de M31 hay otra galaxia muy semejante, la nuestra, con sus brazos en espiral que van girando lentamente, una vez cada 250 millones de años. Ahora, a cuarenta mil años luz de casa, nos encontramos cayendo hacia la gran masa del centro de la Vía Láctea. Pero si queremos encontrar la Tierra, tenemos que redirigir nuestro curso hacia las afueras lejanas de la galaxia, hacia un punto oscuro cerca del borde de un distante brazo espiral.

La impresión dominante, incluso entre los brazos en espiral, es la de un río de estrellas pasando por nuestro lado: un gran conjunto de estrellas que generan exquisitamente su propia luz, algunas tan delicadas como una pompa de jabón y tan grandes que podrían contener en su interior a diez mil soles o a un billón de tierras; otras tienen el tamaño de una pequeña ciudad y son cien billones de veces más densas que el plomo. Algunas estrellas son solitarias, como el Sol, la mayoría tienen compañeras. Los sistemas suelen ser dobles, con dos estrellas orbitando una alrededor de la otra. Pero hay una gradación continua desde los sistemas triples pasando por cúmulos sueltos de unas docenas de estrellas hasta los grandes cúmulos globulares que resplandecen con un millón de soles. Algunas estrellas dobles están tan próximas que se tocan y entre ellas fluye sustancia estelar. La mayoría están separadas a la misma distancia que Júpiter del Sol. Algunas estrellas, las supernovas, son tan brillantes como la entera galaxia que las contiene; otras, los agujeros negros, son invisibles a unos pocos kilómetros de distancia. Algunas resplandecen con un brillo constante; otras parpadean de modo incierto o se encienden y se oscurecen con un ritmo inalterable. Algunas giran con una elegancia señorial; otras dan vueltas de modo tan frenético que se deforman y quedan oblongas. La mayoría brillan principalmente con luz visible e infrarrojo; otras son también fuentes brillantes de rayos X o de ondas de radio. Las estrellas azules son calientes y jóvenes; las estrellas amarillas, convencionales y de media edad; las estrellas rojas son a menudo ancianas o moribundas; y las estrellas blancas pequeñas o las negras están en los estertores finales de la muerte. La Vía Láctea contiene unos 400 mil millones de estrellas de todo tipo que se mueven con una gracia compleja y ordenada. Hasta ahora los habitantes de la Tierra conocen de cerca, de entre todas las estrellas, sólo una.

Cada sistema estelar es una isla en el espacio, mantenida en cuarentena perpetua de sus vecinos por los años luz. Puedo imaginar a seres en mundos innumerables que en su evolución van captando nuevos vislumbres de conocimiento: en cada mundo estos seres suponen al principio que su planeta baladí y sus pocos e insignificantes soles son todo lo que existe. Crecemos en aislamiento. Sólo de modo lento nos vamos enseñando el Cosmos.

Algunas estrellas pueden estar rodeadas por millones de pequeños mundos rocosos y sin vida, sistemas planetarios congelados en alguna fase primitiva de su evolución. Quizás haya muchas estrellas que tengan sistemas planetarios bastante parecidos al nuestro: en la periferia grandes planetas gaseosos con anillos y lunas heladas, y más cerca del centro, mundos pequeños, calientes, azules y blancos, cubiertos de nubes. En algunos de ellos puede haber evolucionado vida inteligente que ha remodelado la superficie planetario con

algún enorme proyecto de ingeniería. Son nuestros hermanos y hermanas del Cosmos. ¿Son muy distintos de nosotros? ¿Cuál es su forma, su bioquímica, su neurobiología, su historia, su política, su ciencia, su tecnología, su arte, su música, su religión, su filosofía? Quizás algún día trabemos conocimiento con ellos.

Hemos llegado ya al patio de casa, a un año luz de distancia de la Tierra. Hay un enjambre esférico de gigantescas bolas de nieve compuestas por hielo, roca y moléculas orgánicas que rodea al Sol: son los núcleos de los cometas. De vez en cuando el paso de una estrella provoca una pequeña sacudida gravitatoria, y alguno de ellos se precipita amablemente hacia el sistema solar interior. Allí el Sol lo calienta, el hielo se vaporiza y se desarrolla una hermosa cola cometaria.

Nos acercamos a los planetas de nuestro sistema: son mundos pesados, cautivos del Sol, obligados gravitatoriamente a seguirlo en órbitas casi circulares, y calentados principalmente por la luz solar. Plutón, cubierto por hielo de metano y acompañado por su solitaria luna gigante, Caronte, está iluminado por un Sol distante, que apenas destaca como un punto de luz brillante en un cielo profundamente negro. Los mundos gaseosos gigantes, Neptuno, Urano, Saturno la joya del sistema solar y Júpiter están todos rodeados por un séquito de lunas heladas. En el interior de la región de los planetas gaseosos y de los icebergs en órbita están los dominios cálidos y rocosos del sistema solar interior. Está por ejemplo Marte, el planeta rojo, con encumbrados volcanes, grandes valles de dislocación, enormes tormentas de arena que abarcan todo el planeta y con una pequeña probabilidad de que existan algunas formas simples de vida. Todos los planetas están en órbita alrededor del Sol, la estrella más próxima, un infierno de gas de hidrógeno y de helio ocupado en reacciones termonucleares y que inunda de luz el sistema solar.

Finalmente, y acabando nuestro paseo, volvemos a nuestro mundo azul y blanco, diminuto y frágil, perdido en un océano cósmico cuya vastitud supera nuestras imaginaciones más audaces. Es un mundo entre una inmensidad de otros mundos. Sólo puede tener importancia para nosotros. La Tierra es nuestro hogar, nuestra madre. Nuestra forma de vida nació y evolucionó aquí. La especie humana está llegando aquí a su edad adulta. Es sobre este mundo donde desarrollamos nuestra pasión por explorar el Cosmos, y es aquí donde estamos elaborando nuestro destino, con cierto dolor y sin garantías.

Bienvenidos al planeta Tierra: un lugar de cielos azules de nitrógeno, océanos de agua líquida, bosques frescos y prados suaves, un mundo donde se oye de modo evidente el murmullo de la vida. Este mundo es en la perspectiva cósmica, como ya he dicho, conmovedoramente bello y raro; pero además es de momento único. En todo nuestro viaje a través del espacio y del tiempo es hasta el momento el único mundo donde sabemos con certeza que la materia del Cosmos se ha hecho viva y consciente. Ha de haber muchos más mundos de este tipo esparcidos por el espacio, pero nuestra búsqueda de ellos empieza aquí, con la sabiduría acumulada de los hombres y mujeres de nuestra especie, recogida con un gran coste durante un millón de años. Tenemos el privilegio de vivir entre personas brillantes y apasionadamente inquisitivas, y en una época en la que se

premia generalmente la búsqueda del conocimiento. Los seres humanos, nacidos en definitiva de las estrellas y que de momento están habitando ahora un mundo llamado Tierra, han iniciado el largo viaje de regreso a casa.

El descubrimiento de que la Tierra es un *mundo pequeño* se llevó a cabo como tantos otros importantes descubrimientos humanos en el antiguo Oriente próximo, en una época que algunos humanos llaman siglo tercero a. de C., en la mayor metrópolis de aquel tiempo, la ciudad egipcia de Alejandría. Vivía allí un hombre llamado Eratóstenes. Uno de sus envidiosos contemporáneos le apodó Beta , la segunda letra del alfabeto griego, porque según decía Eratóstenes era en todo el segundo mejor del mundo. Pero parece claro que Eratóstenes era Alfa en casi todo. Fue astrónomo, historiador, geógrafo, filósofo, poeta, crítico teatral y matemático. Los títulos de las obras que escribió van desde *Astronomía hasta Sobre la libertad ante el dolor*. Fue también director de la gran Biblioteca de Alejandría, donde un día leyó en un libro de papiro que en un puesto avanzado de la frontera meridional, en Siena, cerca de la primera catarata del Nilo, en el mediodía del 21 de junio un palo vertical no proyectaba sombra. En el solsticio de verano, el día más largo del año, a medida que avanzaban las horas y se acercaba el mediodía las sombras de las columnas del templo iban acortándose. En el mediodía habían desaparecido. En aquel momento podía verse el Sol reflejado en el agua en el fondo de un pozo hondo. El Sol estaba directamente encima de las cabezas.

Era una observación que otros podrían haber ignorado con facilidad. Palos, sombras, reflejos en pozos, la posición del Sol: ¿qué importancia podían tener cosas tan sencillas y cotidianas? Pero Eratóstenes era un científico, y sus conjeturas sobre estos tópicos cambiaron el mundo; en cierto sentido hicieron el mundo. Eratóstenes tuvo la presencia de ánimo de hacer un experimento, de observar realmente si en Alejandría los palos verticales proyectaban sombras hacia el mediodía del 21 de junio. Y descubrió que sí lo hacían.

Eratóstenes se preguntó entonces a qué se debía que en el mismo instante un bastón no proyectara en Siena ninguna sombra mientras que en Alejandría, a gran distancia hacia el norte, proyectaba una sombra pronunciada. Veamos un mapa del antiguo Egipto con dos palos verticales de igual longitud, uno clavado en Alejandría y el otro en Siena. Supongamos que en un momento dado cada palo no proyectara sombra alguna. El hecho se explica de modo muy fácil: basta suponer que la tierra es plana. El Sol se encontrará entonces encima mismo de nuestras cabezas. Si los dos palos proyectan sombras de longitud igual, la cosa también se explica en una Tierra plana: los rayos del Sol tienen la misma inclinación y forman el mismo ángulo con los dos palos. Pero ¿cómo explicarse que en Siena no había sombra y al mismo tiempo en Alejandría la sombra era considerable? (Ver pág. 16.)

Eratóstenes comprendió que la única respuesta posible es que la superficie de la Tierra está curvada. Y no sólo esto: cuanto mayor sea la curvatura, mayor será la diferencia entre las longitudes de las sombras. El Sol está tan lejos que sus rayos son paralelos cuando llegan a la Tierra. Los palos situados formando ángulos diferentes con respecto a los rayos del Sol proyectan sombras de

longitudes diferentes. La diferencia observada en las longitudes de las sombras hacía necesario que la distancia entre Alejandría y Siena fuera de unos siete grados a lo largo de la superficie de la Tierra; es decir que si imaginamos los palos prolongados hasta llegar al centro de la Tierra, formarán allí un ángulo de siete grados. Siete grados es aproximadamente una cincuentava parte de los trescientos sesenta grados que contiene la circunferencia entera de la Tierra. Eratóstenes sabía que la distancia entre Alejandría y Siena era de unos 800 kilómetros, porque contrató a un hombre para que lo midiera a pasos. Ochocientos kilómetros por 50 dan 40 000 kilómetros: ésta debía ser pues la circunferencia de la Tierra.

Ésta es la respuesta correcta. Las únicas herramientas de Eratóstenes fueron palos, ojos, pies y cerebros, y además el gusto por la experimentación. Con estos elementos dedujo la circunferencia de la Tierra con un error de sólo unas partes por ciento, lo que constituye un logro notable hace 2 200 años. Fue la primera persona que midió con precisión el tamaño de un planeta.

El mundo mediterráneo de aquella época tenía fama por sus navegaciones. Alejandría era el mayor puerto de mar del planeta. Sabiendo ya que la Tierra era una esfera de dimensiones modestas, ¿no iba a sentir nadie la tentación de emprender viajes de exploración, de buscar tierras todavía sin descubrir, quizás incluso de intentar una vuelta en barco a todo el planeta? Cuatrocientos años antes de Eratóstenes, una flota fenicia contratada por el faraón egipcio Neco había circunnavegado África. Se hicieron a la mar en la orilla del mar Rojo, probablemente en botes frágiles y abiertos, bajaron por la costa oriental de África, subieron luego por el Atlántico, y regresaron finalmente a través del Mediterráneo. Esta expedición épica les ocupó tres años, casi el mismo tiempo que tarda una moderna nave espacial Voyager en volar de la Tierra a Saturno.

Después del descubrimiento de Eratóstenes, marineros audaces y aventurados intentaron muchos grandes viajes. Sus naves eran diminutas. Disponían únicamente de instrumentos rudimentarios de navegación. Navegaban por estima y seguían siempre que podían la línea costera. En un océano desconocido podían determinar su latitud, pero no su longitud, observando noche tras noche la posición de las constelaciones con relación al horizonte. Las constelaciones familiares eran sin duda un elemento tranquilizador en medio de un océano inexplorado. Las estrellas son las amigas de los exploradores, antes cuando las naves navegaban sobre la Tierra y ahora que las naves espaciales navegan por el cielo. Después de Eratóstenes es posible que hubiera algunos intentos, pero hasta la época de Magallanes nadie consiguió circunnavegar la Tierra. ¿Qué historias de audacia y de aventura debieron llegar a contarse mientras los marineros y los navegantes, hombres prácticos del mundo, ponían en juego sus vidas dando fe a las matemáticas de un científico de Alejandría?

En la época de Eratóstenes se construyeron globos que representaban a la Tierra vista desde el espacio; eran esencialmente correctos en su descripción del Mediterráneo, una región bien explorada, pero se hacían cada vez más inexactos a medida que se alejaban de casa. Nuestro actual conocimiento del Cosmos

repite este rasgo desagradable pero inevitable. En el siglo primero, el geógrafo alejandrino Estrabón escribió:

Quienes han regresado de un intento de circunnavegar la Tierra no dicen que se lo haya impedido la presencia de un continente en su camino, porque el mar se mantenía perfectamente abierto, sino más bien la falta de decisión y la escasez de provisiones... Eratóstenes dice que a no ser por el obstáculo que representa la extensión del océano Atlántico, podría llegar fácilmente por mar de Iberia a la India... Es muy posible que en la zona templada haya una o dos tierras habitables... De hecho si [esta otra parte del mundo] está habitada, no lo está por personas como las que existen en nuestras partes, y deberíamos considerarlo como otro mundo habitado.

El hombre empezaba a aventurarse, en el sentido casi exacto de la palabra, por otros mundos.

La exploración subsiguiente de la Tierra fue una empresa mundial, incluyendo viajes de ida y vuelta a China y Polinesia. La culminación fue sin duda el descubrimiento de América por Cristóbal Colón, y los viajes de los siglos siguientes, que completaron la exploración geográfica de la Tierra. El primer viaje de Colón está relacionado del modo más directo con los cálculos de Eratóstenes. Colón estaba fascinado por lo que llamaba la Empresa de la Indias, un proyecto para llegar al Japón, China y la India, no siguiendo la costa de África y navegando hacia el Oriente, sino lanzándose audazmente dentro del desconocido océano occidental; o bien como Eratóstenes había dicho con asombrosa preciencia: pasando por mar de Iberia a la India.

Colón había sido un vendedor ambulante de mapas viejos y un lector asiduo de libros escritos por antiguos geógrafos, como Eratóstenes, Estrabón y Tolomeo, o de libros que trataran de ellos. Pero para que la Empresa de las Indias fuera posible, para que las naves y sus tripulaciones sobrevivieran al largo viaje, la Tierra tenía que ser más pequeña de lo que Eratóstenes había dicho. Por lo tanto Colón hizo trampa con sus cálculos, como indicó muy correctamente la facultad de la Universidad de Salamanca que los examinó. Utilizó la menor circunferencia posible de la Tierra y la mayor extensión hacia el este de Asia que pudo encontrar en todos los libros de que disponía, y luego exageró incluso estas cifras. De no haber estado las Américas en medio del camino, las expediciones de Colón habrían fracasado rotundamente.

La Tierra está en la actualidad explorada completamente. Ya no puede prometer nuevos continentes o tierras perdidas. Pero la tecnología que nos permitió explorar y habitar las regiones más remotas de la Tierra nos permite ahora abandonar nuestro planeta, aventurarnos en el espacio y explorar otros mundos. Al abandonar la Tierra estamos en disposición de observarla desde lo alto, de ver su forma esférica sólida, de dimensiones eratosténicas, y los perfiles de sus continentes, confirmando que muchos de los antiguos cartógrafos eran de una notable competencia. 'Qué satisfacción habrían dado estas imágenes a Eratóstenes y a los demás geógrafos alejandrinos! Fue en Alejandría, durante los seiscientos años que se iniciaron hacia el 300 a. de C., cuando los seres humanos emprendieron, en un sentido básico, la aventura intelectual que nos ha

llevado a las orillas del espacio. Pero no queda nada del paisaje y de las sensaciones de aquella gloriosa ciudad de mármol. La opresión y el miedo al saber han arrasado casi todos los recuerdos de la antigua Alejandría. Su población tenía una maravillosa diversidad. Soldados macedonios y más tarde romanos, sacerdotes egipcios, aristócratas griegos, marineros fenicios, mercaderes judíos, visitantes de la India y del África subsahariana todos ellos, excepto la vasta población de esclavos vivían juntos en armonía y respeto mutuo durante la mayor parte del período que marca la grandeza de Alejandría.

La ciudad fue fundada por Alejandro Magno y construida por su antigua guardia personal. Alejandro estimuló el respeto por las culturas extrañas y una búsqueda sin prejuicios del conocimiento. Según la tradición y no nos importa mucho que esto fuera o no cierto se sumergió debajo del mar Rojo en la primera campana de inmersión del mundo. Animó a sus generales y soldados a que se casaran con mujeres persas e indias. Respetaba los dioses de las demás naciones. Coleccionó formas de vida exóticas, entre ellas un elefante destinado a su maestro Aristóteles. Su ciudad estaba construida a una escala suntuosa, porque tenía que ser el centro mundial del comercio, de la cultura y del saber. Estaba adornada con amplias avenidas de treinta metros de ancho, con una arquitectura y una estatuaria elegante, con la tumba monumental de Alejandro y con un enorme faro, el Faros, una de las siete maravillas del mundo antiguo.

Pero la maravilla mayor de Alejandría era su biblioteca y su correspondiente museo (en sentido literal, una institución dedicada a las especialidades de las Nueve Musas). De esta biblioteca legendaria lo máximo que sobrevive hoy en día es un sótano húmedo y olvidado del Serapeo, el anexo de la biblioteca, primitivamente un templo que fue reconsagrado al conocimiento. Unos pocos estantes enmohecidos pueden ser sus únicos restos físicos. Sin embargo, este lugar fue en su época el cerebro y la gloria de la mayor ciudad del planeta, el primer auténtico instituto de investigación de la historia del mundo. Los eruditos de la biblioteca estudiaban el Cosmos entero. *Cosmos* es una palabra griega que significa el orden del universo. Es en cierto modo lo opuesto a *Caos*. Presupone el carácter profundamente interrelacionado de todas las cosas. Inspira admiración ante la intrincada y sutil construcción del universo. Había en la biblioteca una comunidad de eruditos que exploraban la física, la literatura, la medicina, la astronomía, la geografía, la filosofía, las matemáticas, la biología y la ingeniería. La ciencia y la erudición habían llegado a su edad adulta. El genio florecía en aquellas salas: La Biblioteca de Alejandría es el lugar donde los hombres reunieron por primera vez de modo serio y sistemático el conocimiento del mundo.

Además de Eratóstenes, hubo el astrónomo Hiparco, que ordenó el mapa de las constelaciones y estimó el brillo de las estrellas; Euclides, que sistematizó de modo brillante la geometría y que en cierta ocasión dijo a su rey, que luchaba con un difícil problema matemático: no hay un camino real hacia la geometría ; Dionisio de Tracia, el hombre que definió las partes del discurso y que hizo en el estudio del lenguaje lo que Euclides hizo en la geometría; Herófilo, el fisiólogo que estableció, de modo seguro, que es el cerebro y no el corazón la sede de la

inteligencia; Herón de Alejandría, inventor de cajas de engranajes y de aparatos de vapor, y autor *de autómatas*, la primera obra sobre robots; Apolonio de Pérgamo, el matemático que demostró las formas de las secciones cónicas 2 elipse, parábola e hipérbola, las curvas que como sabemos actualmente siguen en sus órbitas los planetas, los cometas y las estrellas; Arquímedes, el mayor genio mecánico hasta Leonardo de Vinci; y el astrónomo y geógrafo Tolomeo, que compiló gran parte de lo que es hoy la pseudociencia de la astrología: su universo centrado en la Tierra estuvo en boga durante 1500 años, lo que nos recuerda que la capacidad intelectual no constituye una garantía contra los yerros descomunales. Y entre estos grandes hombres hubo una gran mujer, Hipatia, matemática y astrónomo, la última lumbrera de la biblioteca, cuyo martirio estuvo ligado a la destrucción de la biblioteca siete siglos después de su fundación, historia a la cual volveremos.

Los reyes griegos de Egipto que sucedieron a Alejandro tenían ideas muy serias sobre el saber. Apoyaron durante siglos la investigación y mantuvieron la biblioteca para que ofreciera un ambiente adecuado de trabajo a las mejores mentes de la época. La biblioteca constaba de diez grandes salas de investigación, cada una dedicada a un tema distinto; había fuentes y columnatas, jardines botánicos, un zoo, salas de disección, un observatorio, y una gran sala comedor donde se llevaban a cabo con toda libertad las discusiones críticas de las ideas.

El núcleo de la biblioteca era su colección de libros. Los organizadores escudriñaron todas las culturas y lenguajes del mundo. Enviaban agentes al exterior para comprar bibliotecas. Los buques de comercio que arribaban a Alejandría eran registrados por la policía, y no en busca de contrabando, sino de libros. Los rollos eran confiscados, copiados y devueltos luego a sus propietarios. Es difícil de estimar el número preciso de libros, pero parece probable que la biblioteca contuviera medio millón de volúmenes, cada uno de ellos un rollo de papiro escrito a mano. ¿Qué destino tuvieron todos estos libros? La civilización clásica que los creó acabó desintegrándose y la biblioteca fue destruida deliberadamente. Sólo sobrevivió una pequeña fracción de sus obras, junto con unos pocos y patéticos fragmentos dispersos. Y qué tentadores son estos restos y fragmentos. Sabemos por ejemplo que en los estantes de la biblioteca había una obra del astrónomo Aristarco de Samos quien sostenía que la Tierra es uno de los planetas, que órbita el Sol como ellos, y que las estrellas están a una enorme distancia de nosotros. Cada una de estas conclusiones es totalmente correcta, pero tuvimos que esperar casi dos mil años para redescubrirlas. Si multiplicamos por cien mil nuestra sensación de privación por la pérdida de esta obra de Aristarco empezaremos a apreciar la grandeza de los logros de la civilización clásica y la tragedia de su destrucción.

Hemos superado en mucho la ciencia que el mundo antiguo conocía, pero hay lagunas irreparables en nuestros conocimientos históricos. Imaginemos los misterios que podríamos resolver sobre nuestro pasado si dispusiéramos de una taldeta de lector para la Biblioteca de Alejandría. Sabemos que había una historia del mundo en tres volúmenes, perdida actualmente, de un sacerdote babilonio

llamado Beroso. El primer volumen se ocupaba del intervalo desde la Creación hasta el Diluvio, un período al cual atribuyó una duración de 432 000 años, es decir cien veces más que la cronología del Antiguo Testamento. Me pregunto cuál era su contenido.

Los antiguos sabían que el mundo es muy viejo. Intentaron investigar este remoto pasado. Sabemos ahora que el Cosmos es mucho más viejo de lo que ellos llegaron a imaginar. Hemos examinado el universo en el espacio y descubierto que vivimos en una mota de polvo que da vueltas a una vulgar estrella situada en el rincón más remoto de una oscura galaxia. Y si somos una mancha en la inmensidad del espacio, ocupamos también un instante en el cúmulo de las edades. Sabemos ahora que nuestro universo o por lo menos su encarnación más reciente tiene una edad de unos quince o veinte mil millones de años. Éste es el tiempo transcurrido desde un notable acontecimiento explosivo llamado habitualmente *big bang* (capítulo 1 O). En el inicio de este universo no había galaxias, estrellas ni planetas, no había vida ni civilización, sino una única bola de fuego uniforme y radiante que llenaba todo el espacio. El paso del Caos del *big bang* al Cosmos que estamos empezando a conocer es la transformación más asombrosa de materia y de energía que hemos tenido el privilegio de vislumbrar. Y hasta que no encontremos en otras partes a seres inteligentes, nosotros somos la más espectacular de todas las transformaciones: los descendientes remotos del *big bang*, dedicados a la comprensión y subsiguiente transformación del Cosmos del cual procedemos.

## Capítulo 2. Una voz en la fuga cósmica.

Se me ordena que me rinda al Señor de los Mundos. Es él quien te creó de] polvo...

### EL CORÁN, sura 40

La más antigua de todas las filosofías, la de la evolución, estuvo maniatada de manos y de pies y relegada a la oscuridad más absoluta durante el milenio de escolasticismo teológico. Pero Darwin infundió nueva savia vital en la antigua estructura; las ataduras saltaron, y el pensamiento revivificado de la antigua Grecia ha demostrado ser una expresión más adecuada del orden universal de las cosas que cualquiera de los esquemas aceptados por la credulidad y bien recibidos por la superstición de setenta generaciones posteriores de hombres.

T. H. HUXLEY, 1887

Probablemente todos los seres orgánicos que hayan vivido nunca sobre esta tierra han descendido de alguna única forma primordial, a la que se infundió vida por primera vez... Esta opinión sobre el origen de la vida tiene su grandeza... porque mientras este planeta ha ido dando vueltas de acuerdo con la ley fija de la



gravedad, a partir de un inicio tan sencillo han evolucionado y siguen evolucionando formas sin fin, las más bellas y las más maravillosas.

**CHARLES DARWIN *El origen de las especies*, 1859**

Parece que existe una comunidad de materia a lo largo de todo el universo visible, porque las estrellas contienen muchos de los elementos que existen en el Sol y en la Tierra. Es notable que los elementos difundidos más ampliamente entre las huestes de estrellas sean algunos de los elementos más estrechamente relacionados con los organismos vivientes de nuestro globo, entre ellos el hidrógeno, el sodio, el magnesio y el hierro. ¿No podría ser que por lo menos las estrellas más brillantes fuesen como nuestro sol, centros que mantienen y dan energía a sistemas de mundos, adaptados para ser lugar de residencia de seres vivientes?

**WILLIAM HUGGINS, 1865**

**DURANTE TODA MI VIDA ME HE PREGUNTADO** sobre la posibilidad de que exista la vida en otras partes. ¿Qué forma tendría? ¿O de qué estaría hecha? Todos los seres vivos de nuestro planeta están constituidos por moléculas orgánicas: arquitecturas microscópicas complejas en las que el átomo de carbono juega un papel central. Hubo una época, anterior a la vida, en la que la Tierra era estéril y estaba absolutamente desolada. Nuestro mundo rebosa ahora de vida. ¿Cómo llegó a producirse? ¿Cómo se constituyeron en ausencia de vida moléculas orgánicas basadas en el carbono? ¿Cómo nacieron los primeros seres vivos? ¿Cómo evolucionó la vida hasta producir seres tan elaborados y complejos como nosotros, capaces de explorar el misterio de nuestros orígenes? ¿Hay vida también sobre los incontables planetas que puedan girar alrededor de otros soles? De existir la vida extraterrestre, ¿se basa en las mismas moléculas orgánicas que la vida de la Tierra? ¿Se parecen bastante los seres de otros mundos a la vida de la Tierra? ¿O presentan diferencias aturdidoras, con otras adaptaciones a otros ambientes? ¿Qué otras cosas son posibles? La naturaleza de la vida en la Tierra y la búsqueda de vida en otras partes son dos aspectos de la misma cuestión: la búsqueda de lo que nosotros somos.

En las grandes tinieblas entre las estrellas hay nubes de gas, de polvo y de materia orgánica. Los radiotelescopios han descubierto docenas de tipos diferentes de moléculas orgánicas. La abundancia de estas moléculas sugiere que la sustancia de la vida se encuentra en todas partes. Quizás el origen y la evolución de la vida sea una inevitabilidad cósmica, si se dispone de tiempo suficiente. En algunos de los miles de millones de planetas de la galaxia Vía Láctea es posible que la vida no nazca nunca. En otros la vida puede nacer y morir más tarde, o bien no superar en su evolución las formas más sencillas. Y en alguna pequeña fracción de mundos pueden desarrollarse inteligencias y civilizaciones más avanzadas que la nuestra.

En ocasiones alguien señala hasta qué punto es afortunada la coincidencia de que la Tierra esté perfectamente adaptada a la vida: temperaturas moderadas, agua líquida, atmósfera de oxígeno, etc. Pero esto supone confundir por lo menos en parte causa y efecto. Nosotros, habitantes de la Tierra, estamos supremamente adaptados al medio ambiente de la Tierra porque crecimos aquí. Las formas anteriores de vida que no estaban perfectamente adaptadas murieron. Nosotros descendemos de organismos que prosperaron. No hay duda de que los organismos que evolucionan en un mundo muy diferente también cantarán sus alabanzas.

Toda la vida en la Tierra está estrechamente relacionada. Tenemos una química orgánica común y una herencia evolutiva común. Como consecuencia de esto nuestros biólogos se ven profundamente limitados. Estudian solamente un tipo único de biología, un tema solitario en la música de la vida. ¿Es este tono agudo y débil la única voz en miles de años luz? ¿O es más bien una especie de fuga cósmica, con temas y contrapuntos, disonancias y armonías, con mil millones de voces distintas tocando la música de la vida en la galaxia?

Permitid que cuente una historia sobre una pequeña frase en la música de la vida sobre la Tierra. En el año 1185 el emperador del Japón era un niño de siete años llamado Antoku. Era el jefe nominal de un clan de samurais llamados los Heike, que estaban empeñados en una guerra larga y sangrienta con otro clan de samurais, los Genji. Cada clan afirmaba poseer derechos ancestrales superiores al trono imperial. El encuentro naval decisivo, con el emperador a bordo, ocurrió en Danno ura en el mar Interior del Japón el 24 de abril de 1185. Los Heike fueron superados en número y en táctica. Muchos murieron a manos del enemigo. Los supervivientes se lanzaron en gran número al mar y se ahogaron. La Dama Niij, abuela del emperador, decidió que ni ella ni Antoku tenían que caer en manos del enemigo. La *Historia de los Heike* cuenta lo que sucedió después:

El emperador había cumplido aquel año los siete de edad, pero parecía mucho mayor. Era tan hermoso que parecía emitir un resplandor brillante y su pelo negro y largo le colgaba suelto sobre la espalda. Con una mirada de sorpresa y de ansiedad en su rostro preguntó a la Dama Niij:

¿Dónde vas a llevarme?

Ella miró al joven soberano mientras las lágrimas rodaban por sus mejillas y... lo consoló, atando su largo pelo en su vestido de color de paloma. Cegado por las lágrimas el niño soberano juntó sus bellas manitas. Se puso primero cara al Este para despedirse del dios de Ise y luego de cara al Oeste para repetir el Nembutsu [una oración al Buda Amida]. La Dama Niij lo agarró fuertemente en sus brazos y mientras decía en las profundidades del océano está nuestro capitolio, se hundió finalmente con él debajo de las olas.

Toda la flota Heike quedó destruida. Sólo sobrevivieron cuarenta y tres mujeres. Estas damas de honor de la corte imperial fueron obligadas a vender flores y otros favores a los pescadores cercanos al escenario de la batalla. Los Heike desaparecieron casi totalmente de la historia. Pero un grupo formado por la chusma de antiguas damas de honor y su descendencia entre los pescadores fundó un festival para conmemorar la batalla. Se celebra hasta hoy el 24 de abril de cada año.

Los pescadores descendientes de los Heike visten de cáñamo con tocado negro y desfilan hasta el santuario de Akama que contiene el mausoleo del emperador ahogado. Allí asisten a una representación de los acontecimientos que siguieron a la batalla de Danno ura. Durante siglos la gente imagino que podía distinguir ejércitos fantasmales de samurais esforzándose vanamente en achicar el mar para lavarlos de sangre y eliminar su humillación.

Los pescadores dicen que los samurais Heike se pasean todavía por los fondos del mar Interior, en forma de cangrejos. Se pueden encontrar en este mar cangrejos con curiosas señales en sus dorsos, formas e indentaciones que se parecen asombrosamente al rostro de un samurai. Cuando se pesca un cangrejo de éstos no se come sino que se le devuelve al mar para conmemorar los tristes acontecimientos de Danno ura.

Este proceso plantea un hermoso problema. ¿Cómo se consigue que el rostro de un guerrero quede grabado en el caparazón de un cangrejo? La respuesta parece ser que fueron los hombres quienes hicieron la cara. Las formas en los caparazones de los cangrejos son heredadas. Pero entre los cangrejos, como entre las personas, hay muchas líneas hereditarias diferentes. Supongamos que entre los antepasados lejanos de este cangrejo surgiera casualmente uno con una forma que parecía, aunque fuera ligeramente, un rostro humano. Incluso antes de la batalla de Danno ura los pescadores pueden haber sentido escrúpulos para comer un cangrejo así. Al devolverlo al mar pusieron en marcha un proceso evolutivo: Si eres un cangrejo y tu caparazón es corriente, los hombres te comerán. Tu linaje dejará pocos descendientes. Si tu caparazón se parece un poco a una cara, te echarán de nuevo al mar. Podrás dejar más descendientes. Los cangrejos tenían un valor considerable invertido en las formas grabadas en sus caparazones. A medida que pasaban las generaciones, tanto de cangrejos como de pescadores, los cangrejos cuyas formas se parecían más a una cara de samurai sobrevivían preferentemente, hasta que al final se obtuvo no ya una cara humana, no sólo una cara japonesa, sino el rostro de un samurai feroz y enfadado. Todo esto no tiene nada que ver con lo que los cangrejos *desean*. La selección viene impuesta desde el exterior. Cuanto más uno se parece a un samurai mejores son sus probabilidades de sobrevivir. Al final se obtiene una gran abundancia de cangrejos samurai..

Este proceso se denomina selección artificial. En el caso del cangrejo de Heike, lo efectuaron de modo más o menos consciente los pescadores, y desde luego sin que los cangrejos se lo propusieran seriamente. Pero los hombres han seleccionado deliberadamente durante miles de años, las plantas y animales que

han de vivir y las que merecen morir. Desde nuestra infancia nos rodean animales, frutos, árboles y verduras familiares, cultivados y domesticados. ¿De dónde proceden? ¿Vivían antes libremente en el mundo silvestre y se les indujo luego a seguir una forma de vida menos dura en el campo? No, la realidad es muy distinta. La mayoría de ellos los hicimos nosotros.

Hace diez mil años no había vacas lecheras, ni perdigueros ni espigas grandes de trigo. Cuando domesticamos a los antepasados de estas plantas y animales a veces seres que presentaban un aspecto muy distinto controlamos su crianza. Procuramos que algunas variedades cuyas propiedades considerábamos deseables se reprodujeran con preferencia a las demás. Cuando deseamos un perro que nos ayudara a controlar un rebaño de ovejas, seleccionamos razas que eran inteligentes, obedientes y que mostraban un cierto talento previo con el rebaño, talento que es útil para los animales que cazan en jaurías. Las ubres enormemente dilatadas del ganado lechero son el resultado del interés del hombre por la leche y el queso. Nuestro trigo o nuestro maíz se ha criado durante diez mil generaciones para que sea más gustoso y nutritivo que sus escuálidos antepasados; ha cambiado tanto que sin la intervención humana no pueden ni reproducirse.

La esencia de la selección artificial tanto de un cangrejo de Heike, como de un perro, una vaca o una espiga de trigo es ésta: Muchos rasgos físicos y de comportamiento de las plantas y de los animales se heredan. Se reproducen enteros. Los hombres, por el motivo que sea, apoyan la reproducción de algunas variedades y reprimen la reproducción de otras. La variedad que se ha seleccionado se reproduce de modo preferente; llega a ser abundante; la variedad desechada se hace rara y quizás llega a extinguirse.

Pero si los hombres pueden crear nuevas variedades de plantas y de animales, ¿no ha de poder hacer lo mismo la naturaleza? Este proceso similar se denomina selección natural. Las alteraciones que hemos provocado en animales y vegetales durante la corta estancia de los hombres sobre la Tierra y la evidencia fósil demuestran claramente que la vida ha cambiado de modo fundamental a lo largo de las eras. Los restos fósiles nos hablan sin ambigüedad de seres presentes antes en números enormes y que actualmente han desaparecido de modo absoluto. 1 Las especies que se han extinguido en la historia de la Tierra son mucho más numerosas que las existentes actualmente; son los experimentos concluidos de la evolución.

Los cambios genéticos inducidos por la domesticación se han producido con mucha rapidez. El conejo no se domesticó hasta los primeros tiempos del medioevo (lo criaron monjes franceses creyendo que los conejitos recién nacidos eran pescado y que por lo tanto quedaban exentos de la prohibición de consumir carne en ciertos días del calendario de la Iglesia); el café en el siglo quince; la remolacha azucarera en el siglo diecinueve; y el visón está todavía en las primeras fases de domesticación. En menos de diez mil años la domesticación ha aumentado el peso de la lana que crían las ovejas desde menos de un kilo de pelos duros hasta diez o veinte kilos de una pelusa fina y uniforme; o el volumen de leche producido por el ganado en un período de

**lactancia desde unos cuantos centenares de centímetros cúbicos hasta un millón. Si la selección artificial puede provocar cambios tan grandes en un período de tiempo tan corto, ¿de qué será capaz la selección natural trabajando durante miles de millones de años? La respuesta es toda la belleza y diversidad del mundo biológico. La evolución es un hecho, no una teoría.**

**El gran descubrimiento asociado con los nombres de Charles Darwin y de Alfred Russel Wallace es que el mecanismo de la evolución es la selección natural. Hace más de un siglo estos científicos hicieron hincapié en que la naturaleza es prolífica, en que nacen muchos más animales y plantas de los que pueden llegar a sobrevivir y en que, por lo tanto, el medio ambiente selecciona las variedades que son accidentalmente más adecuadas para sobrevivir. Las mutaciones cambios repentinos en la herencia se transmiten enteras. Proporcionan la materia prima de la evolución. El medio ambiente selecciona las pocas mutaciones que aumentan la supervivencia, obteniéndose una serie de lentas transformaciones de una forma de vida en otra, que origina nuevas especies. 1**

**Las palabras de Darwin en *El origen de las especies* fueron:**

**El hombre de hecho no produce variabilidad; lo único que hace es exponer inintencionadamente seres orgánicos a nuevas condiciones de vida, y luego la Naturaleza actúa sobre la organización, y causa la variabilidad. Pero el hombre puede seleccionar y selecciona las variaciones que la Naturaleza le da, y de este modo las acumula de cualquier modo que desee. Adapta así animales y plantas a su propio beneficio o placer. Puede hacerlo metódicamente o puede hacerlo inconscientemente preservando los individuos que le son más útiles de momento, sin pensar en alterar la raza... No hay motivo aparente para que los principios que han actuado con tanta eficacia en la domesticación no hayan actuado en la Naturaleza... Nacen más individuos de los que pueden sobrevivir... La ventaja más ligera en un ser, de cualquier edad o en cualquier estación, sobre los demás seres con los cuales entra en competición, o una adaptación mejor, por mínima que sea, a las condiciones físicas que le rodean, cambiará el equilibrio en su favor.**

**T. H. Huxley, el defensor y popularizador más efectivo de la evolución en el siglo diecinueve, escribió que las publicaciones de Darwin y de Wallace fueron como un rayo de luz, que a un hombre que se ha perdido en una noche oscura revela de repente un camino que tanto si le lleva directamente a casa como si no es indudable que va en su dirección... Cuando dominé por primera vez la idea central de *El origen de las especies* mi reflexión fue: ¡Qué increíblemente estúpido por mi parte no haber pensado en esto! Supongo que los compañeros de Colón dijeron más o menos lo mismo... Los hechos de la variabilidad, de la lucha por la existencia, de la adaptación a las condiciones eran del dominio de todos; pero ninguno de nosotros sospechó que el camino hacia el centro mismo del problema de las especies pasaba entre ellos, hasta que Darwin y Wallace eliminaron las tinieblas .**

**Muchas personas quedaron escandalizadas algunas todavía lo están ante ambas ideas: la evolución y la selección natural. Nuestros antepasados observaron la elegancia de la vida en la Tierra, lo apropiadas que eran las**

estructuras de los organismos a sus funciones, y consideraron esto como prueba de la existencia de un Gran Diseñador. El organismo unicelular más simple es una máquina mucho más compleja que el mejor reloj de bolsillo. Y sin embargo los relojes de bolsillo no se montan espontáneamente a sí mismos, ni evolucionan por lentas etapas e impulsados por sí mismos, a partir por ejemplo de relojes abuelos. Un reloj presupone un relojero. Parecía fuera de lugar que los átomos y las moléculas pudiesen reunirse espontáneamente de algún modo para crear organismos de una complejidad tan asombrosa y de un funcionamiento tan sutil como los que adornan todas las regiones de la Tierra. El hecho de que cada ser vivo estuviera especialmente diseñado, de que una especie no se convirtiera en otra especie, era una noción perfectamente consistente con lo que nuestros antepasados, provistos de una limitada documentación histórica, sabían de la vida. La idea de que cada organismo hubiese sido construido meticulosamente por un Gran Diseñador proporcionaba a la naturaleza significado y orden, y a los seres humanos una importancia que todavía anhelamos. Un Diseñador constituye una explicación natural, atractiva y muy humana del mundo biológico. Pero, como demostraron Darwin y Wallace, hay otra explicación igualmente atractiva, igualmente humana y mucho más convincente: la selección natural, que hace la música de la vida más bella a medida que pasan los eones.

La evidencia fósil podría ser consistente con la idea de un Gran Diseñador; quizás algunas especies quedan destruidas cuando el Diseñador está descontento con ellas e intenta nuevos experimentos con diseños mejorados. Pero esta idea es algo desconcertante. Cada planta y cada animal está construido de un modo exquisito; ¿no debería haber sido capaz un Diseñador de suprema competencia de hacer desde el principio la variedad deseada? Los restos fósiles presuponen un proceso de tanteo, una incapacidad de anticipar el futuro, lo cual no concuerda con un Gran Diseñador eficiente (aunque sí con un Diseñador de un temperamento más distante e indirecto).

Cuando estudiaba en la universidad, a principios de los años 1950, tuve la fortuna de trabajar en el laboratorio de H. J. Muller, un gran genético y el hombre que había descubierto que la radiación produce mutaciones. Muller fue la persona que me señaló la existencia del cangrejo Heike como ejemplo de selección artificial. A fin de aprender el aspecto práctico de la genética, pasé muchos meses trabajando con moscas de la fruta, *Drosophila melanogaster* (que significa amante del rocío de cuerpo negro): diminutos y benignos seres con dos alas y unos grandes ojos. Las teníamos en botellas de leche de medio litro. Cruzábamos dos variedades para ver las nuevas formas que emergían gracias a la reordenación de los genes paternos y por acción de mutaciones naturales e inducidas. Las hembras depositaban sus huevos en una especie de melazas que los técnicos ponían dentro de las botellas; se tapaba las botellas y esperábamos dos semanas a que los huevos fertilizados se transformaran en larvas, las larvas en pupas, y las pupas emergieran en forma de moscas de la fruta adultas.

Un día estaba yo observando a través de un microscopio binocular de pocos aumentos un lote recién llegado de *Drosophilas* adultas inmovilizadas con un

poco de éter, y estaba ocupado separando las diferentes variedades con un pincel de pelo de camello. Quedé asombrado al encontrarme con algo muy diferente: no se trataba de una pequeña variación, por ejemplo con ojos rojos en lugar de blancos, o con cerdas en el cuello en lugar de sin cerdas. Se trataba de otro tipo de criatura, y que funcionaba muy bien: moscas con alas mucho más prominentes y con antenas largas y plumosas. Llegué a la conclusión de que el destino había hecho en el propio laboratorio de Muller lo que él había dicho que no podría suceder nunca: un cambio evolutivo importante en una única generación. Me correspondía a mí la ingrata tarea de contárselo.

Con el corazón oprimido llamé a su puerta. Entre, dijo una voz apagada. Entré y vi que la habitación estaba a oscuras, a excepción de una única lamparita que iluminaba el soporte del microscopio donde él estaba trabajando. En este ambiente tenebroso comuniqué a trompicones mi descubrimiento: un tipo muy diferente de mosca. Estaba seguro que había emergido de una de las pupas en las melazas. No quería molestar a Muller, pero... ¿Tiene más bien aspecto de lepidóptero que de díptero?, me preguntó con el rostro iluminado desde abajo. Yo no sabía de qué me hablaba, y tuvo que explicármelo: ¿Tiene alas grandes? ¿Tiene antenas plumosas? Asentí tristemente.

Muller encendió la lámpara del techo y sonrió benignamente. Era una vieja historia. Había un tipo de polilla que se había adaptado a los laboratorios de genética que trabajaban con *Drosophila*. No era nada parecida a una mosca de la fruta ni quería ninguna relación con ella. Lo que quería era la melaza de las moscas de la fruta. En los breves momentos que el técnico de laboratorio necesitaba para destapar la botella de leche por ejemplo al añadir más moscas de la fruta y volverla a tapar, la polilla madre entraba en picado y precipitaba sus huevos volando sobre las deliciosas melazas. Yo no había descubierto una macromutación, simplemente había dado con otra maravillosa adaptación de la naturaleza, producto a su vez de micromutaciones y de la selección natural.

Los secretos de la evolución son la muerte y el tiempo: la muerte de un número enorme de formas vivas que estaban imperfectamente adaptadas al medio ambiente; y tiempo para una larga sucesión de pequeñas mutaciones que eran *accidentalmente* adaptativas, tiempo para la lenta acumulación de rasgos producidos por mutaciones favorables. ¿Qué significan setenta millones de años para unos seres que viven sólo una millonésima de este tiempo? Somos como mariposas que revolotean un solo día y piensan que aquello lo es todo.

Lo que sucedió en la Tierra puede ser más o menos el curso típico de la evolución de la vida en muchos mundos; pero en relación a detalles como la química de las proteínas o la neurología de los cerebros, la historia de la vida en la Tierra puede ser única en toda la galaxia Vía Láctea. La Tierra se condensó a partir de gas y polvo interestelares hace 4 600 millones de años. Sabemos por los fósiles que el origen de la vida se produjo poco después, hace quizás unos 4 000 millones de años, en las lagunas y océanos de la Tierra primitiva. Los primeros seres vivos no eran tan complejos como un organismo unicelular, que ya es una forma de vida muy sofisticado. Los primeros balbuceos fueron mucho más humildes. En aquellos días primigenios, los relámpagos y la luz ultravioleta

del Sol descomponían las moléculas simples, ricas en hidrógeno, de la atmósfera primitiva, y los fragmentos se recombinaban espontáneamente dando moléculas cada vez más complejas. Los productos de 'esta primera química se disolvían en los océanos, formando una especie de sopa orgánica cuya complejidad crecía paulatinamente, hasta que un día, por puro accidente, nació una molécula que fue capaz de hacer copias bastas de sí misma, utilizando como bloques constructivos otras moléculas de la sopa. (Volveremos más adelante a este tema.)

Éste fue el primer antepasado del ácido desoxirribonucleico, el ADN, la molécula maestra de la vida en la Tierra. Tiene la forma de una escalera torcida según una hélice, con escalones disponibles en cuatro partes moleculares distintas, que constituyen las cuatro letras del código genético. Estos escalones, llamados nucleótidos, deletrean las instrucciones hereditarias necesarias para hacer un organismo dado. Cada forma viva de la Tierra tiene un conjunto distinto de instrucciones, escrito esencialmente en el mismo lenguaje. La razón por la cual los organismos *son* diferentes es la diferencia existente entre sus instrucciones de ácido nucleico. Una mutación es un cambio en un nucleótido, copiado en la generación siguiente y que se transmite entero. Puesto que las mutaciones son cambios *casuales* de los nucleótidos, la mayoría son nocivas o letales, porque hacen nacer a través del código enzimas no funcionales. Hay que esperar mucho para que una mutación haga trabajar mejor a un organismo. Y sin embargo este acontecimiento improbable, una pequeña mutación beneficiosa en un nucleótido con una longitud de una diezmillonésima de centímetro, es lo que impulsa a la evolución.

Hace cuatro mil millones de años, la Tierra era un paraíso molecular. Todavía no había predadores. Algunas moléculas se reproducían de modo 'ineficaz, competían en la búsqueda de bloques constructivos y dejaban copias bastas de sí mismas. La evolución estaba ya definitivamente en marcha, incluso al nivel molecular, gracias a la reproducción, la mutación y la eliminación selectiva de las variedades menos eficientes. A medida que pasaba el tiempo conseguían reproducirse mejor. Llegaron a unirse entre sí moléculas con funciones especializadas, constituyendo una especie de colectivo molecular: la primera célula. Las células vegetales de hoy en día tienen diminutas fábricas moleculares, llamadas cloroplastos, que se encargan de la fotosíntesis: la conversión de la luz solar, el agua y el dióxido de carbono en hidratos de carbono y oxígeno. Las células presentes en una gota de sangre contienen un tipo diferente de fábrica molecular, el mitocondrio, que combina el alimento con el oxígeno para extraer energía útil. Estas fábricas están actualmente dentro de las células vegetales y animales, pero pueden haber sido en otros tiempos células libres.

Hace unos tres mil millones de años se había reunido un cierto número de plantas unicelulares, quizás porque una mutación impidió que una sola célula sola se separara después de dividirse en dos. Habían evolucionado los primeros organismos multicelulares. Cada célula de nuestro cuerpo es una especie de comuna, con partes que antes vivían libremente y que se han reunido para el bien



común. Y nosotros estamos compuestos por cien billones de células. Cada uno de nosotros es una multitud.

Parece que el sexo se inventó hace unos dos mil millones de años. Con anterioridad a esto las nuevas variedades de organismos sólo podían nacer a partir de la acumulación de mutaciones casuales: la selección de cambios, letra por letra, en las instrucciones genéticas. La evolución debió ser atrozmente lenta. Gracias al invento del sexo dos organismos podían intercambiar párrafos, páginas y libros enteros de su código de ADN, produciendo nuevas variedades a punto para pasar por el cedazo de la selección. Los organismos han sido seleccionados para que se dediquen al sexo; los que lo encuentran aburrido pronto se extinguen. Y esto no es sólo cierto en relación a los microbios de hace dos mil millones de años. También los hombres conservamos hoy en día una palpable devoción por intercambiar segmentos de ADN.

Hace mil millones de años, las plantas, trabajando conjuntamente de modo cooperativo, habían llevado a cabo un cambio asombroso en el medio ambiente de la Tierra. Las plantas verdes generan oxígeno molecular. Los océanos estaban ya repletos de plantas verdes sencillas, y el oxígeno se estaba convirtiendo en un componente importante de la atmósfera de la Tierra, alterando irreversiblemente su carácter original, rico en hidrógeno, y dando por terminada la época de la historia de la Tierra en la que la sustancia de la vida estuvo constituida por procesos no biológicos. Pero el oxígeno tiende a provocar la descomposición de las moléculas orgánicas. A pesar del amor que le tenemos, se trata en el fondo de un veneno para la materia orgánica no protegida. La transición a una atmósfera oxidante planteó una crisis suprema en la historia de la vida, y una gran cantidad de organismos, incapaces de enfrentarse con el oxígeno, perecieron. Unas cuantas formas primitivas, como los bacilos del botulismo y del tétanos, consiguieron sobrevivir a pesar de todo en el ambiente actual de la Tierra rico en oxígeno. El nitrógeno de nuestra atmósfera es desde el punto de vista químico mucho más inerte y por lo tanto mucho más benigno que el oxígeno. Pero también está sostenido biológicamente, y por lo tanto el 99% de la atmósfera de la tierra es de origen biológico. El cielo es un producto de la vida.

Durante la mayor parte de los cuatro mil millones de años transcurridos a partir del origen de la vida, los organismos dominantes eran algas microscópicas de color azul y verde, que cubrían y llenaban los océanos. Pero hace unos 600 millones de años, el dominio monopolista de las algas quedó roto y se produjo una proliferación enorme de nuevas formas vivas, acontecimiento éste que se ha llamado la explosión del Cámbrico. La vida nació casi inmediatamente después del origen de la Tierra, lo cual sugiere que quizás la vida sea un proceso químico inevitable en un planeta semejante a la Tierra. Pero durante tres mil millones de años no evolucionó mucho más allá de las algas azules y verdes, lo cual sugiere que la evolución de formas vivas grandes con órganos especializados es difícil, más difícil todavía que el origen de la vida. Quizás hay muchos otros planetas que tienen hoy en día una gran abundancia de microbios pero a los que faltan animales y plantas grandes.

Poco después de la explosión cámbrica, en los océanos pululaban muchas formas distintas de vida. Hace 500 millones de años había grandes rebaños de trilobites, animales de bella construcción, algo parecidos a grandes insectos; algunos cazaban en manadas sobre el fondo del océano. Almacenaban cristales en sus ojos para detectar la luz polarizada. Pero actualmente ya no hay trilobites vivos; hace 200 millones de años que ya no quedan. La Tierra estuvo habitada a lo largo del tiempo por plantas y animales de los que hoy no queda rastro vivo. Y como es lógico hubo un tiempo en que no existía ninguna de las especies que hay hoy en nuestro planeta. No hay ninguna indicación en las rocas antiguas de la presencia de animales como nosotros. Las especies aparecen, viven durante un período más o menos breve y luego se extinguen.

Antes de la explosión del Cámbrico parece que las especies se sucedían unas a otras con bastante lentitud. En parte esto puede deberse a que la riqueza de nuestra información disminuye rápidamente cuanto más lejos escrutamos el pasado; en la historia primitiva de nuestro planeta, pocos organismos disponían de partes duras y los seres blandos dejan pocos restos fósiles. Pero el ritmo pausado de aparición de formas espectacularmente nuevas antes de la explosión cámbrica es en parte real; la penosa evolución de la estructura y la bioquímica celular no queda reflejada inmediatamente en las formas externas reveladas por los restos fósiles. Después de la explosión del Cámbrico nuevas y exquisitas adaptaciones se fueron sucediendo con una rapidez relativamente vertiginosa. Aparecieron en rápida sucesión los primeros peces y los primeros vertebrados; las plantas que antes se limitaban a vivir en los océanos empezaron la colonización de la Tierra; evolucionaron los primeros insectos y sus descendientes se convirtieron en los pioneros de la colonización de la tierra por los animales; insectos alados nacieron al mismo tiempo que los anfibios, seres parecidos en cierto modo al pez pulmonado, capaces de sobrevivir tanto en la tierra como en el agua; aparecieron los primeros árboles y los primeros reptiles; evolucionaron los dinosaurios; emergieron los mamíferos y luego los primeros pájaros; aparecieron las primeras flores; los dinosaurios se extinguieron; nacieron los primeros cetáceos, antepasados de los delfines y de las ballenas, y también en el mismo período nacieron los primates: los antepasados de los monos, los grandes simios y los humanos. Hace menos de diez millones de años, evolucionaron los primeros seres que se parecían fielmente a seres humanos, acompañados por un aumento espectacular del tamaño del cerebro. Y luego, hace sólo unos pocos millones de años, emergieron los primeros humanos auténticos.

Los hombres crecieron en los bosques y nosotros les tenemos una afinidad natural. ¡Qué hermoso es un árbol que se esfuerza por alcanzar el cielo! Sus hojas recogen la luz solar para fotosintetizarla, y así los árboles compiten dejando en la sombra a sus vecinos. Si buscamos bien veremos a menudo dos árboles que se empujan y se echan a un lado con una gracia lánguida. Los árboles son máquinas grandes y bellas, accionadas por la luz solar, que toman agua del suelo y dióxido de carbono del aire y convierten estos materiales en alimento para uso suyo y nuestro. La planta utiliza los hidratos de carbono que

fabrica como fuente de energía para llevar a cabo sus asuntos vegetales. Y nosotros, los animales, que somos en definitiva parásitos de las plantas, robamos sus hidratos de carbono para poder llevar a cabo *nuestros asuntos*. Al comer las plantas combinamos los hidratos de carbono con el oxígeno que tenemos disuelto en nuestra sangre por nuestra propensión a respirar el aire, y de este modo extraemos la energía que nos permite vivir. En este proceso exhalamos dióxido de carbono, que luego las plantas reciclan para fabricar más hidratos de carbono. ¡Qué sistema tan maravillosamente cooperativo! Plantas y animales que inhalan mutuamente las exhalaciones de los demás, una especie de resucitación mutua a escala planetario, boca a estoma, impulsada por una estrella a 150 millones de kilómetros de distancia.

Hay decenas de miles de millones de tipos conocidos de moléculas orgánicas. Sin embargo en las actividades esenciales de la vida sólo se utiliza una cincuentena. Las mismas estructuras se utilizan una y otra vez de modo conservador e ingenioso, para llevar a cabo funciones diferentes. Y en el núcleo mismo de la vida en la Tierra las proteínas que controlan la química de la célula y los ácidos nucleicos que transportan las instrucciones hereditarias descubrimos que estas moléculas son esencialmente las mismas en todas las plantas y animales. Una encina y yo estamos hechos de la misma sustancia. Si retrocedemos lo suficiente, nos encontramos con un antepasado común.

La célula viviente es un régimen tan complejo y bello como el reino de las galaxias y de las estrellas. La exquisita maquinaria de la célula ha ido evolucionando penosamente durante más de cuatro mil millones de años. Fragmentos de alimento se metamorfosean en maquinaria celular. La célula sanguínea blanca de hoy son las espinacas con crema de ayer. ¿Cómo consigue esto la célula? En su interior hay una arquitectura laberíntico y sutil que mantiene su propia estructura, transforma moléculas, almacena energía y se prepara para copiarse a sí misma. Si pudiéramos entrar en una célula, muchas de las manchas moleculares que veríamos serían moléculas de proteína, algunas en frenética actividad, otras simplemente esperando. Las proteínas más importantes son enzimas, moléculas que controlan las reacciones químicas de la célula. Las enzimas son como los obreros de una cadena de montaje, cada una especializada en un trabajo molecular concreto: por ejemplo el Paso 4 en la construcción del nucleótido fosfato de guanosina, o el Paso 11 en el desmontaje de una molécula de azúcar para extraer energía, la moneda con que paga para conseguir que se lleven a cabo los demás trabajos celulares. Pero las enzimas no dirigen el espectáculo. Reciben sus instrucciones y de hecho ellas mismas son construidas así mediante órdenes enviadas por los que controlan. Las moléculas que mandan son los ácidos nucleicos. Viven secuestrados en una ciudad prohibida en lo más profundo de todo, en el núcleo de la célula.

Si nos sumergiéramos por un poro en el núcleo de la célula nos encontraríamos con algo parecido a una explosión en una fábrica de espaguetis: una multitud desordenada de espirales e hilos, que son los dos tipos de ácidos nucleicos: el ADN, que sabe lo que hay que hacer, y el ARN, que lleva las instrucciones emanadas del ADN al resto de la célula. Ellos son lo mejor que han podido

producir cuatro mil millones de años de evolución, y contienen el complemento completo de información sobre la manera de hacer que una célula, un árbol o una persona funcione. La cantidad de información en el ADN del hombre escrito en el lenguaje corriente ocuparía un centenar de volúmenes gruesos. Además de esto, las moléculas de ADN saben la manera de hacer copias idénticas de sí mismas con sólo muy raras excepciones. La cantidad de cosas que saben es extraordinaria.

El ADN es una hélice doble, con dos hilos retorcidos que parecen una escalera en espiral. La secuencia u ordenación de los nucleótidos a lo largo de cada uno de los hilos constituyentes es el lenguaje de la vida. Durante la reproducción las hélices se separan, ayudadas por una proteína especial que las destornilla, y cada cual sintetiza una copia idéntica de la otra a partir de bloques constructivos de nucleótido que flotan por allí en el líquido viscoso del núcleo de la célula. Una vez destornillada la doble hélice una enzima notable llamada polimerasa del ADN contribuye a asegurar que la copia se realiza de modo casi perfecto. Si se comete un error, hay enzimas que arrancan lo equivocado y sustituyen el nucleótido falso por el correcto. Estas enzimas son una máquina molecular con poderes asombrosos.

El ADN del núcleo, además de hacer copias exactas de sí mismo la herencia es precisamente esto dirige las actividades de la célula que es precisamente el metabolismo sintetizando otro ácido nucleico llamado ARN mensajero, el cual pasa a las provincias extranucleares y controla allí la construcción, en el momento adecuado y en el lugar adecuado, de una enzima. Cuando todo ha finalizado el resultado es la producción de una molécula única de enzima que se dedica luego a ordenar un aspecto particular de la química de la célula.

El ADN del hombre es una escalera con una longitud de mil millones de nucleótidos. Las combinaciones posibles de nucleótidos son en su mayor parte tonterías: causarían la síntesis de proteínas que no realizarían ninguna función útil. Sólo un número muy limitado de moléculas de ácido nucleico son de alguna utilidad para formas de vida tan complicadas como nosotros. Incluso así el número de maneras útiles de construir ácidos nucleicos es increíblemente elevado: probablemente muy superior al número total de electrones y de protones del universo. Por lo tanto el número de seres humanos posible es muy superior al del número de personas que hayan vivido nunca: el potencial no utilizado de la especie humana es inmenso. Ha de haber manera de construir ácidos nucleicos que funcionen mucho mejor sea cual fuere el criterio escogido que cualquier persona que haya vivido nunca. Por suerte todavía ignoramos la manera de montar secuencias distintas de nucleótidos que permitan construir tipos distintos de seres humanos. En el futuro es muy posible que estemos en disposición de montar nucleótidos siguiendo la secuencia que queramos, y de producir cualquier característica que creamos deseable: una perspectiva que nos hace pensar y nos inquieta.

La evolución funciona mediante la mutación y la selección. Se pueden producir mutaciones durante la reproducción de la molécula si la enzima polimerasa del ADN comete un error. Pero es raro que lo haga. Las mutaciones se producen

también a causa de la radiactividad, de la luz ultravioleta del Sol, de los rayos cósmicos o de sustancias químicas en el medio ambiente, todo lo cual puede cambiar los nucleótidos o atar en forma de nudos a los ácidos nucleicos. Si el número de mutaciones es demasiado elevado, perdemos la herencia de cuatro mil millones de años de lenta evolución. Si es demasiado bajo, no se dispondrá de nuevas variedades para adaptarse a algún cambio futuro en el medio ambiente. La evolución de la vida exige un equilibrio más o menos preciso entre mutación y selección. Cuando este equilibrio se consigue se obtienen adaptaciones notables.

Un cambio en un único nucleótido del ADN provoca un cambio en un único aminoácido en la proteína codificada en este ADN. Las células rojas de la sangre de los pueblos de ascendencia europea tienen un aspecto más o menos globuloso. Las células rojas de la sangre de algunos pueblos de ascendencia africana tienen el aspecto de hoces o de lunas crecientes. Las células en hoz transportan menos oxígeno y por lo tanto transmiten un tipo de anemia. También proporcionan una fuerte resistencia contra la malaria. No hay duda que es mejor estar anémico que muerto. Esta influencia importante sobre la función de la sangre tan notable que se aprecia claramente en fotografías de células sanguíneas rojas es la consecuencia de un cambio en un único nucleótido entre los diez mil millones existentes en el ADN de una célula humana típica. Todavía ignoramos las consecuencias de la mayoría de los cambios en los demás nucleótidos.

Las personas tenemos un aspecto bastante diferente al de un árbol. No hay duda que percibimos el mundo de modo diferente a como lo hace un árbol. Pero en el fondo de todo, en el núcleo molecular de la vida, los árboles y nosotros somos esencialmente idénticos. Ellos y nosotros utilizamos los ácidos nucleicos para la herencia; utilizamos las proteínas como enzimas para controlar la química de nuestras células. Y lo más significativo es que ambos utilizamos precisamente el mismo libro de código para traducir la información de ácido nucleico en información de proteína, como hacen prácticamente todos los demás seres de este planeta. 1 La explicación usual de esta unidad molecular es que todos nosotros árboles y personas, pájaros, sapos, mohos y paramecios descendemos de un ejemplar único y común en el origen de la vida, en la historia primitiva de nuestro planeta. ¿Cómo nacieron pues las moléculas críticas?

En mi laboratorio de la Universidad de Cornell trabajamos entre otras cosas en la química orgánica prebiológica, tocando algunas notas de la música de la vida. Mezclamos y sometemos a chispas los gases de la Tierra primitiva: hidrógeno, agua, amoníaco, metano, sulfuro de hidrógeno, todos los cuales por otra parte están presentes actualmente en el planeta Júpiter y por todo el Cosmos. Las chispas corresponden a los relámpagos, presentes también en la Tierra antigua y en el actual Júpiter. El vaso de reacción es al principio transparente: los gases precursores son totalmente invisibles. Pero al cabo de diez minutos de chispas, vemos aparecer un extraño pigmento marrón que desciende lentamente por los costados del vaso. El interior se hace paulatinamente opaco, y se cubre con un espeso alquitrán marrón. Si hubiésemos utilizado luz ultravioleta simulando el

Sol primitivo los resultados hubiesen sido más o menos los mismos. El alquitrán es una colección muy rica de moléculas orgánicas complejas, incluyendo a las partes constitutivas de proteínas y ácidos nucleicos. Resulta pues que la sustancia de la vida es muy fácil de fabricar.

Estos experimentos los llevó a cabo por primera vez a principios de los años 1950 Stanley Miller, un doctorado del químico Harold Urey. Urey sostenía de modo convincente que la atmósfera primitiva de la Tierra era rica en hidrógeno, como en la mayor parte del Cosmos; que luego el hidrógeno ha ido escapando al espacio desde la Tierra, pero no desde Júpiter, cuya masa es grande; y que el origen de la vida se produjo antes de perder el hidrógeno. Cuando Urey sugirió someter estos gases a chispas eléctricas, alguien le preguntó qué esperaba obtener con el experimento. Urey contestó: *Beilstein*. *Beilstein* es el voluminoso compendio en 28 tomos con la lista de todas las moléculas orgánicas conocidas por los químicos.

Si utilizamos los gases más abundantes que había en la Tierra primitiva y casi cualquier fuente de energía que rompa los enlaces químicos, podemos producir los bloques constructivos esenciales de la vida. Pero en nuestro vaso reactivo hay solamente las notas de la música de la vida: no la música en sí. Hay que disponer los bloques constructivos moleculares en la secuencia correcta. La vida es desde luego algo más que aminoácidos fabricando sus proteínas, y nucleótidos fabricando sus ácidos nucleicos. Pero el hecho mismo de ordenar estos bloques constructivos en moléculas de cadena larga ha supuesto un progreso sustancial de laboratorio. Se han reunido aminoácidos en las condiciones de la Tierra primitiva formando moléculas que parecen proteínas. Algunas de ellas controlan débilmente reacciones químicas útiles, como hacen las enzimas. Se han reunido nucleótidos formando filamentos de ácido nucleico de unas cuantas docenas de unidades de largo. Si las circunstancias en el tubo de ensayo son correctas, estos ácidos nucleicos cortos pueden sintetizar copias idénticas de sí mismos.

Hasta ahora nadie ha mezclado los gases y las aguas de la Tierra primitiva y ha conseguido que al finalizar el experimento saliera algo arrastrándose del tubo de ensayo. Las cosas vivas más pequeñas que se conocen, los viroides, se componen de menos de 10.000 átomos. Provocan varias enfermedades diferentes en las plantas cultivadas y es probable que hayan evolucionado muy recientemente de organismos más complejos y no de otros más simples. Resulta difícil, de hecho, imaginar un organismo todavía más simple que éste y que esté de algún modo vivo. Los viroides se componen exclusivamente de ácido nucleico, al contrario de los virus, que tienen también un recubrimiento de proteínas. No son más que un simple filamento de ARN con una geometría o bien lineal o bien circular y cerrada. Los viroides pueden ser tan pequeños y prosperar a pesar de ello porque son parásitos que se meten en todo y no paran. Al igual que los virus, se limitan a apoderarse de la maquinaria molecular de una célula mucho mayor y que funciona bien y a transformar esta fábrica de producir más células en una fábrica de producir más viroides.

Los organismos independientes más pequeños que se conocen son los organismos parapleuroneumónicos y otros bichitos semejantes. Se componen de unos cincuenta millones de átomos. Estos organismos, han de confiar más en sí mismos, y son por lo tanto más complicados que los viroides y que los virus. Pero el medio ambiente actual de la Tierra no es muy favorable a las formas simples de vida. Hay que trabajar duramente para ganarse la vida. Hay que ir con cuidado con los predadores. Sin embargo, en la primitiva historia de nuestro planeta, cuando la luz solar producía en una atmósfera rica en hidrógeno enormes cantidades de moléculas orgánicas, los organismos muy simples y no parásitos tenían una posibilidad de luchar. Es posible que las primeras cosas vivas fueran semejantes a viroides que vivían libres y cuya longitud era sólo de unos centenares de nucleótidos. Quizás a fines de este siglo puedan comenzar los trabajos experimentales para producir seres de este tipo a partir de sus elementos. Queda todavía mucho por comprender sobre el origen de la vida, incluyendo el origen del código genético. Pero estamos llevando a cabo experimentos de este tipo desde hace sólo treinta años. La Naturaleza nos lleva una ventaja de cuatro mil millones de años. Al fin y al cabo no lo estamos haciendo tan mal.

No hay nada en estos experimentos que sea peculiar de la Tierra. Los gases iniciales y las fuentes de energía son comunes a todo el Cosmos. Es posible que reacciones químicas semejantes a las de nuestros vasos de laboratorios hagan nacer la materia orgánica presente en el espacio interestelar y los aminoácidos que se encuentran en los meteoritos. Han de haberse dado procesos químicos semejantes en mil millones de mundos diferentes de la galaxia Vía Láctea. Las moléculas de la vida llenan el Cosmos.

Pero aunque la vida en otro planeta tenga la misma química molecular que la vida de aquí, no hay motivo para suponer que se parezca a organismos familiares. Tengamos en cuenta la diversidad enorme de seres vivos sobre la Tierra, todos los cuales comparten el mismo planeta y una biología molecular idéntica. Los animales y plantas de otros mundos es probable que sean radicalmente diferentes a cualquiera de los organismos que conocemos aquí. Puede haber alguna evolución convergente, porque quizás sólo haya una solución óptima para un determinado problema ambiental: por ejemplo algo parecido a dos ojos para tener visión binocular en las frecuencias ópticas. Pero en general el carácter aleatorio del proceso evolutivo debería crear seres extraterrestres muy diferentes de todo lo conocido.

No puedo decir qué aspecto tendría un ser extraterrestre. Estoy terriblemente limitado por el hecho de que sólo conozco un tipo de vida, la vida de la Tierra. Algunas personas como autores de ciencia ficción y artistas han especulado sobre el aspecto que podrían tener otros seres. Me siento escéptico ante la mayoría de estas visiones extraterrestres. Me parece que se basan excesivamente en formas de vida que ya conocemos. Todo organismo es del modo que es debido a una larga serie de pasos, todos ellos improbables. No creo que la vida en otros lugares se parezca mucho a un reptil o a un insecto o a un hombre, aunque se le apliquen retoques cosméticos menores como piel

verde, orejas puntiagudas y antenas. Pero si insistís, podría intentar imaginarme algo diferente:

En un planeta gaseoso gigante como Júpiter, con una atmósfera rica en hidrógeno, helio, metano, agua y amoníaco, no hay superficie sólida accesible, sino una atmósfera densa y nebulosa en la cual las moléculas orgánicas pueden ir cayendo de los cielos como el maná, como los productos de nuestros experimentos de laboratorio. Sin embargo, hay un obstáculo característico para la vida en un planeta así: la atmósfera es turbulenta, y en el fondo de ella la temperatura es muy alta. Un organismo ha de ir con cuidado para no ser arrastrado al fondo y quedar frito.

Para demostrar que no queda excluida la vida en un planeta tan diferente, E. E. Salpeter, colega mío en Comell, y yo mismo hemos hecho algunos cálculos. Como es lógico no podemos saber de modo preciso qué aspecto tendría la vida en un lugar así, pero queríamos saber la posibilidad de que un mundo de este tipo, cumpliendo las leyes de la física y de la química, estuviera habitado.

Una solución para vivir en estas condiciones consiste en reproducirse antes de quedar frito, confiando en que la convección se llevará algunos de tus vástagos a las capas más elevadas y más frías de la atmósfera. Estos organismos podrían ser muy pequeños. Les llamaremos hundientes. Pero uno podría ser también un flotante, una especie de gran globo de hidrógeno capaz de ir expulsando gases de helio y gases más pesados y de dejar sólo el gas más ligero, el hidrógeno; o bien un globo de aire caliente que se mantendría a flote conservando su interior caliente y utilizando la energía que saca del alimento que come. Como sucede con los globos familiares de la Tierra, cuando más hondo es arrastrado un flotante, más intensa es la fuerza de flotación que le devuelve a las regiones más elevadas, más frías y más seguras de la atmósfera. Un flotante podría comer moléculas orgánicas preformadas, o fabricarse moléculas propias a partir de la luz solar y del aire, de modo parecido a las plantas de la Tierra. Hasta un cierto punto, cuanto mayor sea un flotante, más eficiente será. Salpeter y yo imaginamos flotantes de kilómetros de diámetro, muchísimo mayores que las mayores ballenas que hayan existido jamás, seres del tamaño de ciudades.

Los flotantes pueden impulsarse a sí mismos a través de la atmósfera planetario con ráfagas de gas, como un reactor o un cohete. Nos los imaginamos dispuestos formando grandes e indolentes rebaños por todo el espacio visible, con dibujos en sus pieles, un camuflaje adaptativo que indica que también ellos tienen problemas. Porque hay por lo menos otro nicho ecológico en un ambiente así: la caza. Los cazadores son rápidos y maniobrables. Se comen a los flotantes tanto por sus moléculas orgánicas como por su reserva de hidrógeno puro. Los hundientes huecos podrían haber evolucionado para dar los primeros flotantes y los flotantes autopropulsados darían los primeros cazadores. No puede haber muchos cazadores, porque si se comen a todos los flotantes, ellos mismos acaban pereciendo.

La física y la química permiten formas de vida de este tipo. El arte les presta un cierto encanto. Sin embargo la Naturaleza no tiene por qué seguir nuestras especulaciones. Pero si hay miles de millones de mundos habitados en la



galaxia Vía Láctea, quizás habrá unos cuantos poblados por hundientes, flotantes y cazadores que nuestra imaginación, atemperada por las leyes de la física y de la química, ha generado.

La biología se parece más a la historia que a la física. Hay que conocer el pasado para comprender el presente. Y hay que conocerlo con un detalle exquisito. No existe todavía una teoría predictiva de la biología, como tampoco hay una teoría predictiva de la historia. Los motivos son los mismos: ambas materias son todavía demasiado complicadas para nosotros. Pero podemos conocer mejor conociendo otros casos. El estudio de un único caso de vida extraterrestre, por humilde que sea, desprovincializará a la biología. Los biólogos sabrán por primera vez qué otros tipos de vida son posibles. Cuando decimos que la búsqueda de vida en otros mundos es importante, no garantizamos que sea fácil de encontrar, sino que vale mucho la pena buscarla.

Hasta ahora hemos escuchado solamente la voz de la vida en un pequeño mundo. Pero al fin nos disponemos ya a captar otras voces en la fuga cósmica.

### Capítulo 3.

La armonía de los mundos.

¿Conoces las leyes del cielo?

¿Puedes establecer su función en la Tierra?

#### Libro de Job

Todo el bienestar y la adversidad que acaecen al hombre y a otras criaturas llegan a través del Siete y del Doce. Los doce signos del Zodiaco, como dice la Religión, son los doce capitanes del bando de la luz; y se dice que los siete planetas son los siete capitanes del bando de la oscuridad. Y los siete planetas oprimen todo lo creado y lo entregan a la muerte y a toda clase de males: porque los doce signos del Zodiaco y los siete planetas gobiernan el destino del mundo.

#### *Menok i Xrat*, obra zoroástrica tardía

Decir que cada especie de cosa está dotada de una cualidad específica oculta por la cual actúa y produce efectos manifiestos, equivale a no decir nada; pero derivar de los fenómenos dos o tres principios generales de movimiento, y acto seguido explicar de qué modo se deducen de estos principios manifiestos las propiedades y las acciones de todas las cosas corpóreas, sería dar un gran paso.

#### IsAAc NEwtON, *óptica*

No nos preguntamos qué propósito útil hay en el canto de los pájaros, cantar es su deseo desde que fueron creados para cantar. Del mismo modo no debemos preguntarnos por qué la mente humana se preocupa por penetrar los secretos de los cielos... La diversidad de los fenómenos de la Naturaleza es tan grande y los tesoros que encierran los cielos tan ricos, precisamente para que la mente del hombre nunca se encuentre carente de su alimento básico.

## JOHANNES KEPLER, *Mysterium Cosmographicum*

SIVIVIÉRAMOS EN UN PLANETA DONDE NUNCA CAMBIANADA, habría poco que hacer. No habría nada que explicarse. No habría estímulo para la ciencia. Y si viviéramos en un mundo impredecible, donde las cosas cambian de modo fortuito o muy complejo, seríamos incapaces de explicarnos nada. Tampoco en este caso podría existir la ciencia. Pero vivimos en un universo intermedio, donde las cosas cambian, aunque de acuerdo a estructuras, a normas, o según nuestra terminología, a leyes de la naturaleza. Si lanzo un palo al aire, siempre cae hacia abajo. Si el Sol se pone por el oeste, siempre a la mañana siguiente sale por el este. Y así comienza a ser posible explicarse las cosas. Podemos hacer ciencia y por mediación de ella podemos perfeccionar nuestras vidas.

Los seres humanos están bien dotados para comprender el mundo. Siempre lo hemos estado. Pudimos cazar animales o hacer fuego porque habíamos comprendido algo. Hubo una época anterior a la televisión, anterior a las películas, anterior a la radio, anterior a los libros. La mayor parte de la existencia humana ha transcurrido en esa época. Sobre las ascuas mortecinas de un fuego de campaña, en una noche sin luna, nosotros contemplábamos las estrellas.

El cielo nocturno es interesante. Contiene ciertas formas. Podemos imaginar casi involuntariamente que son figuras. En el cielo del Norte, por ejemplo, hay una figura o constelación que parece un oso pequeño. Algunas culturas lo llaman la Osa Mayor. Otras ven en ella imágenes bastante distintas. Esas figuras no son, por supuesto, una *realidad* del cielo nocturno; las ponemos allí nosotros mismos. Cuando éramos un pueblo cazador veíamos cazadores y perros, osos y mujeres jóvenes, las cosas que podían interesarnos. Cuando en el siglo diecisiete, los navegantes europeos vieron por primera vez los mares del Sur, pusieron en el cielo objetos de interés para el propio siglo diecisiete: tucanes y pavos reales, telescopios y microscopios, compases y la popa de los barcos. Si las constelaciones hubieran recibido su nombre en el siglo veinte, supongo que en el cielo veríamos bicicletas y neveras, estrellas del *rock and roll*, o incluso nubes atómicas; un nuevo repertorio, con las esperanzas y los temores del hombre, colocado entre las estrellas.

De vez en cuando nuestros antepasados venían una estrella muy brillante con una cola, vislumbrada sólo un momento, precipitándose a través del cielo. La llamaron estrella fugaz, pero el nombre no es adecuado: las estrellas de siempre continúan allí después del paso de las estrellas fugaces. En algunas estaciones hay muchas estrellas fugaces, mientras que en otras hay muy pocas. También aquí hay una especie de regularidad.

Las estrellas salen siempre por el este y se ocultan por el oeste, como el Sol y la Luna; y si pasan por encima nuestro, tardan toda la noche en cruzar el cielo. Hay diferentes constelaciones en las diferentes estaciones. Por ejemplo, al comienzo del otoño aparecen siempre las mismas constelaciones. No sucede nunca que de pronto aparezca una nueva constelación por el este. Hay un orden,

una predicibilidad, una permanencia en lo referente a las estrellas. Se comportan de un modo casi tranquilizador.

Algunas estrellas salen justo antes que el Sol, o se ponen justo después que él, y en momentos y posiciones que dependen de la estación. Si uno realiza detenidas observaciones de las estrellas y las registra durante muchos años, puede llegar a predecir las estaciones. También puede calcular la duración de un año anotando el punto del horizonte por donde sale el Sol cada día. En los cielos había un gran calendario a disposición de quien tuviera dedicación, habilidad y medios para registrar los datos.

Nuestros antepasados construyeron observatorios para medir el paso de las estaciones. En el Cañón de Chaco, en Nuevo México, hay un gran kiva ceremonial, o templo sin tejado, que data del siglo once. El 21 de junio, el día más largo del año, un rayo de luz solar entra al amanecer por una ventana y se mueve lentamente hasta que cubre un nicho especial. Pero esto sólo sucede alrededor del 21 de junio. Me imagino a los orgullosos anasazi, que se definían a sí mismos como Los Antiguos, reunidos en sus sítiales cada 21 de junio, ataviados con plumas, sonajeros y turquesas para celebrar el poder del Sol. También seguían el movimiento aparente de la Luna: los veintiocho nichos mayores en el kiva pueden representar el número de días que han de transcurrir para que la Luna vuelva a ocupar la misma posición entre las constelaciones. Los anasazi prestaban mucha atención al Sol, a la Luna y a las estrellas. Se han encontrado otros observatorios, basados en ideas semejantes, en Angkor Vat en Camboya, Stonehenge en Inglaterra, Abu Simbel en Egipto, Chichen Itzá en México; y en las grandes llanuras en Norteamérica.

Algunos supuestos observatorios para la fijación del calendario es posible que se deban al azar y que, por ejemplo, la ventana y el nicho presenten el día 21 de junio una alineación accidental. Pero hay otros observatorios maravillosamente distintos. En un lugar del suroeste norteamericano hay un conjunto de tres losas verticales que fueron cambiadas de su posición original hace aproximadamente unos 1 000 años. En la roca ha sido esculpida una espiral, parecida en cierto modo a una galaxia. El día 21 de junio, primer día de verano, un haz de luz solar que entra por una abertura entre las losas bisecciona la espiral; y el día 21 de diciembre, primer día de invierno, hay dos haces de luz solar que flanquean la espiral. Se trata de un sistema único para leer el calendario en el cielo utilizando el sol de mediodía.

¿Por qué los pueblos de todo el mundo hicieron tales esfuerzos para aprender astronomía? Cazábamos gacelas, antílopes y búfales cuyas migraciones aumentaban o disminuían según las estaciones. Los frutos y las nueces podían recogerse en algunas temporadas, pero no en otras. Cuando inventamos la agricultura tuvimos que ir con cuidado para plantar y recolectar nuestras cosechas en la estación adecuada. Las reuniones anuales de tribus nómadas muy dispersas se fijaban para fechas concretas. La posibilidad de leer el calendario en los cielos era literalmente una cuestión de vida y muerte. Los pueblos de todo el mundo tomaban nota de la reaparición de la luna creciente después de la luna nueva, del regreso del Sol después de un eclipse total, de la

salida del Sol al alba después de su fastidiosa ausencia nocturna: esos fenómenos sugerían a nuestros antepasados la posibilidad de sobrevivir a la muerte. En lo alto de los cielos había también una metáfora de la inmortalidad.

El viento azota los cañones del suroeste norteamericano, y no hay nadie para oírlo, aparte de nosotros: un recordatorio de las 40 000 generaciones de hombres y mujeres pensantes que nos precedieron, acerca de los cuales apenas sabemos nada, y sobre los cuales está basada nuestra civilización.

Pasaron las edades y los hombres fueron aprendiendo de sus antepasados. Cuanto más exacto era el conocimiento de la posición y de los movimientos del Sol, de la Luna y de las estrellas, con mayor seguridad podía predecirse la época para salir de caza, para sembrar y segar o para reunirse las tribus. Cuando mejoró la

precisión de las mediciones, hubo que anotar los datos y de este modo la astronomía estimuló la observación, las matemáticas y el desarrollo de la escritura.

Pero luego, mucho después, surgió otra idea bastante curiosa, una invasión de misticismo y de superstición en lo que había sido principalmente una ciencia empírica. El Sol y las estrellas controlaban las estaciones, los alimentos, el calor. La Luna controlaba las mareas, los ciclos de vida de muchos animales, y quizás el período menstrual humano de central importancia para una especie apasionada, dedicada intensamente a tener hijos. Había otro tipo de cuerpos en el cielo, las estrellas errantes o vagabundas llamadas planetas. Nuestros antepasados nómadas debieron sentir cierta afinidad por los planetas. Podían verse solamente cinco planetas, sin contar el Sol y la Luna, que se movían sobre el fondo de las estrellas más distantes. Si se sigue su aparente movimiento durante varios meses, se les ve salir de una constelación y entrar en otra, y en ocasiones incluso describen lentamente una especie de rizo en el cielo. Si todos los demás cuerpos del cielo ejercían un efecto real sobre la vida humana, ¿qué influencia tendrían los planetas sobre nosotros?

En la sociedad contemporánea occidental, es fácil comprar una revista de astrología, en un quiosco de periódicos por ejemplo; es mucho más difícil encontrar una de astronomía. Casi todos los periódicos norteamericanos publican una columna diaria sobre astrología, pero apenas hay alguno que publique un artículo sobre astronomía ni una vez a la semana. En los Estados Unidos hay diez veces más astrólogos que astrónomos. En las fiestas, a veces cuando me encuentro con personas que no saben que soy un científico, me preguntan: ¿Eres Géminis? (posibilidad de acertar: una entre doce). O: ¿De qué signo eres? Con mucha menos frecuencia me preguntan: ¿Estabas enterado de que el oro se crea en las explosiones de supernovas? O: ¿Cuándo crees que el Congreso aprobará el vehículo de exploración de Marte?

La astrología mantiene que la constelación en la cual se hallan los planetas al nacer una persona influye profundamente en el futuro de ella. Hace unos miles de años se desarrolló la idea de que los movimientos de los planetas determinaban el destino de los reyes, de las dinastías y de los imperios. Los

astrólogos estudiaban los movimientos de los planetas y se preguntaban qué había ocurrido la última vez en que, por ejemplo, Venus amanecía en la constelación de Aries; quizás ahora volvería a suceder algo semejante. Era una empresa delicada y arriesgada. Los astrólogos llegaron a ser empleados exclusivamente por el Estado. En muchos países era un grave delito leer los presagios del cielo si uno no era el astrólogo oficial: una buena manera de hundir un régimen era predecir su caída. En China los astrólogos de la corte que realizaban predicciones inexactas eran ejecutados. Otros apañaban simplemente los datos para que estuvieran siempre en perfecta conformidad con los acontecimientos. La astrología se desarrolló como una extraña combinación de observaciones, de matemáticas y de datos cuidadosamente registrados, acompañados de pensamientos confusos y de mentiras piadosas.

Pero si los planetas podían determinar el destino de las naciones, ¿cómo podrían dejar de influir en lo que me pasará a mí mañana? La noción de una astrología personal se desarrolló en el Egipto alejandrino y se difundió por los mundos griego y romano hace aproximadamente 2 000 años. Hoy en día podemos reconocer la antigüedad de la astrología en palabras como *desastre*, que en griego significa mala estrella, *influenza*, gripe en inglés, que proviene del italiano y presupone una influencia astral; *mazeltov*, en hebreo proveniente a su vez del babilonio que significa constelación favorable, o la palabra yiddish *shlamazel*, referida a alguien a quien atormenta un destino implacable, y que también se encuentra en el léxico astrológico babilonio. Según Plinio, a algunos romanos se les consideraba *sideratio*, 64 afectados por los planetas. Se convirtió en opinión generalizada que los planetas eran causa directa de la muerte. Consideremos el verbo *considerar* que significa estar con los planetas lo cual era evidentemente un requisito previo para la reflexión seria. La figura de la página 51 muestra las estadísticas de mortalidad de la ciudad de Londres en 1632. Entre terribles pérdidas provocadas por enfermedades posnatales infantiles y por enfermedades exóticas como la rebelión de las luces y el mal del Rey nos encontramos con que, de 9 535 muertes, 13 personas sucumbían por el planeta, mayor número que los que morían de cáncer. Me pregunto cuáles eran los síntomas.

Y la astrología personal está todavía entre nosotros: examinemos dos columnas de astrología publicadas en diferentes periódicos, en la misma ciudad y el mismo día. Por ejemplo podemos analizar el *New York Post* y el *Daily News* de Nueva York del 21 de septiembre de 1979. Supongamos que uno es Libra, es decir nacido entre el 23 de septiembre y el 22 de octubre. Según el astrólogo *del post*, un compromiso le ayudará a aliviar la tensión; útil, quizás, pero algo vago. Según el astrólogo del *Daily News*, debes exigirte más a ti mismo, recomendación que también es vaga y al mismo tiempo diferente. Estas predicciones no son tales predicciones, son más bien consejos: dicen qué hacer, no qué pasará. Recurren deliberadamente a términos tan generales que pueden aplicarse a cualquiera. Y presentan importantes inconsecuencias comunes. ¿Por qué se publican sin más explicaciones, como si fueran resultados deportivos o cotizaciones de bolsa?

La astrología puede ponerse a prueba aplicándola a la vida de los mellizos. Hay muchos casos en que uno de los mellizos muere en la infancia, en un accidente de coche, por ejemplo, o alcanzado por un rayo, mientras que el otro vive una próspera vejez. Cada uno nació exactamente en el mismo lugar y con minutos de diferencia el uno del otro. Los mismos planetas exactamente estaban saliendo en el momento de su nacimiento. ¿Cómo podrían dos mellizos tener destinos tan profundamente distintos? Además los astrólogos no pueden ni ponerse de acuerdo entre ellos sobre el significado de un horóscopo dado. Si se llevan a cabo pruebas cuidadosas, son incapaces de predecir el carácter y el futuro de personas de las que no conocen más que el lugar y la fecha de nacimiento.

Con las banderas de los países del planeta Tierra sucede algo bastante curioso. La bandera de los Estados Unidos tiene cincuenta estrellas; la de la Unión Soviética una, igual que la de Israel; Birmania, catorce; Grenada y Venezuela, siete; China, cinco; Irak, tres; Sao Tomé e Príncipe, dos; las banderas del Japón, Uruguay, Malawi, Bangladesh y Taiwan, llevan el Sol; Brasil, una esfera celeste; Australia, Samoa Occidental, Nueva Zelanda y Papúa Nueva Guinea llevan la constelación de la Cruz del Sur; Bhutan, la perla del dragón, símbolo de la Tierra; Camboya, el observatorio astronómico de Angkor Vat; India, Corea del Sur y la República Popular de Mongolia, símbolos cosmológicos. Muchas naciones socialistas lucen estrellas. Muchos países islámicos lucen lunas crecientes. Prácticamente la mitad de nuestras banderas nacionales llevan símbolos astronómicos. El fenómeno es transcultural, no sectario, mundial. Y no está tampoco restringido a nuestra época; los sellos cilíndricos sumerios del tercer milenio a. de C. y las banderas taoístas en la China prerrevolucionaria lucían constelaciones. No me extraña que las naciones deseen retener algo del poder y de la credibilidad de los cielos. Perseguimos una conexión con el Cosmos. Queremos incluirnos en la gran escala de las cosas. Y resulta que estamos realmente conectados: no en el aspecto personal, del modo poco imaginativo y a escala reducida que pretenden los astrólogos, sino con lazos más profundos que implican el origen de la materia, la habitabilidad de la Tierra, la evolución y el destino de la especie humana, temas a los que volveremos.

La astrología popular moderna proviene directamente de Claudio Tolomeo, que no tiene ninguna relación con los reyes del mismo nombre. Trabajó en la Biblioteca de Alejandría en el siglo segundo. Todas esas cuestiones arcanas sobre los planetas ascendentes en tal o cual casa lunar o solar o sobre la Era de Acuario proceden de Tolomeo, que codificó la tradición astrológica babilónica. He aquí un horóscopo típico de la época de Tolomeo, escrito en griego sobre papiro, para una niña pequeña nacida el año 150: Nacimiento de Filoe, año décimo de Antonio César, 15 a 16 de Famenot, primera hora de la noche. El Sol en Piscis, Júpiter y Mercurio en Aries, Saturno en Cáncer, Marte en Leo, Venus y la Luna en Acuario, horóscopo, Capricornio. La manera de enumerar los meses y los años ha cambiado mucho más a lo largo de los siglos que las sutilezas astrológicas. Un típico pasaje de la obra astrológica de Tolomeo, el *Tetrabiblos*, dice: Cuando Saturno está en Oriente da a sus

individuos un aspecto moreno de piel, robusto, de cabello oscuro y rizado, barbudo, con ojos de tamaño moderado, de estatura media, y en el temperamento los dota de un exceso de húmedo y de frío. Tolomeo creía no sólo que las formas de comportamiento estaban influidas por los planetas y las estrellas, sino también que la estatura, la complexión, el carácter nacional e incluso las anormalidades físicas congénitas estaban determinadas por las estrellas. En este punto parece que los astrólogos modernos han adoptado una postura más cautelosa.

Pero los astrólogos modernos se han olvidado de la precesión de los equinoccios, que Tolomeo conocía. Ignoran la refracción atmosférica sobre la cual Tolomeo escribió. Apenas prestan atención a todas las lunas y planetas, asteroides y cometas, quasars y pulsars, galaxias en explosión, estrellas simbióticas, variables cataclísmicas y fuentes de rayos X que se han descubierto desde la época de Tolomeo. La astronomía es una ciencia: el estudio del universo como tal. La astrología es una pseudociencia: una pretensión, a falta de pruebas contundentes, de que los demás planetas influyen en nuestras vidas cotidianas. En tiempos de Tolomeo la distinción entre astronomía y astrología no era clara. Hoy sí lo es.

Tolomeo, en su calidad de astrónomo, puso nombre a las estrellas, catalogó su brillo, dio buenas razones para creer que la Tierra es una esfera, estableció normas para predecir eclipses, y quizás lo más importante, intentó comprender por qué los planetas presentan ese extraño movimiento errante contra el fondo de las constelaciones lejanas. Desarrolló un modelo de predicción para entender los movimientos planetarios y de codificar el mensa e de los cielos. El estudio de los cielos sumía a Tolomeo en una especie de éxtasis. Soy mortal escribió y sé que nací para un día. Pero cuando sigo a mi capricho la apretada multitud de las estrellas en su curso circular, mis pies ya no tocan la Tierra...

Tolomeo creía que la Tierra era el centro del Universo; que el Sol, la Luna, las estrellas y los planetas giraban alrededor de la Tierra. Ésta es la idea más natural del mundo. La Tierra parece fija, sólida, inmóvil, en cambio nosotros podemos ver cómo los cuerpos celestes salen y se ponen cada día. Toda cultura ha pasado por la hipótesis geocéntrica. Como escribió Johannes Kepler, es por lo tanto imposible que la razón, sin una instrucción previa, pueda dejar de imaginar que la Tierra es una especie de casa inmensa con la bóveda del cielo situada sobre ella; una casa inmóvil dentro de la cual el Sol, que es tan pequeño, pasa de una región a otra como un pájaro errante a través del aire. Pero, ¿cómo explicar el movimiento aparente de los planetas, por ejemplo el de Marte, que era conocido miles de años antes de la época de Tolomeo? (Uno de los epítetos que los antiguos egipcios dieron a Marte, *sekded ef em khetkhet*, significa que viaja hacia atrás, y es una clara referencia a su aparente movimiento retrógrado o rizado.)

El modelo de movimientos planetarios de Tolomeo puede representarse con una pequeña máquina, como las que existían en tiempos de Tolomeo para un propósito similar. 3 El problema era imaginar un movimiento real de los planetas, tal como se veían desde allí arriba, en el exterior, y que reprodujera

con una gran exactitud el movimiento aparente de los planetas visto desde aquí abajo, en el interior.

Se supuso que los planetas giraban alrededor de la Tierra unidos a esferas perfectas y transparentes. Pero no estaban sujetos directamente a las esferas sino indirectamente, a través de una especie de rueda excéntrica. La esfera gira, la pequeña rueda entra en rotación, y Marte, ' visto desde la Tierra, va rizando su rizo. Este modelo permitió predecir de modo razonablemente exacto el movimiento planetario, con una exactitud suficiente para la precisión de las mediciones disponibles en la época de Tolomeo, e incluso muchos siglos después.

Las esferas etéreas de Tolomeo, que los astrónomos medievales imaginaban de cristal, nos permiten hablar todavía hoy de la música de las esferas y de un séptimo cielo (había un cielo o esfera para la Luna, Mercurio, Venus, el Sol, Marte, Júpiter y Saturno, y otro más para las estrellas). Si la Tierra era el centro del universo, si la creación tomaba como eje los acontecimientos terrenales, si se pensaba que los cielos estaban contruidos con principios del todo ajenos a la Tierra, poco estímulo quedaba entonces para las observaciones astronómicas. El modelo de Tolomeo, que la Iglesia apoyó durante toda la Edad de la Barbarie, contribuyó a frenar el ascenso de la astronomía durante un milenio. Por fin, en 1543, un clérigo polaco llamado Nicolás Copérnico publicó una hipótesis totalmente diferente para explicar el movimiento aparente de los planetas. Su rasgo más audaz fue proponer que el Sol, y no la Tierra, estaba en el centro del universo. La Tierra quedó degradada a la categoría de un planeta más, el tercero desde el Sol, que se movía en una perfecta órbita circular. (Tolomeo había tomado en consideración un modelo heliocéntrico de este tipo, pero lo desechó inmediatamente; partiendo de la física de Aristóteles, la rotación violenta de la Tierra que este modelo implicaba parecía contraria a la observación.)

El modelo permitía explicar el movimiento aparente de los planetas por lo menos tan bien como las esferas de Tolomeo. Pero molestó a mucha gente. En 1616 la Iglesia católica colocó el libro de Copérnico en su lista de libros prohibidos hasta su corrección por censores eclesiásticos locales, donde permaneció hasta 1835.4 Martin Lutero le calificó de astrólogo advenedizo... Este estúpido quiere trastocar toda la ciencia astronómico. Pero la Sagrada Escritura nos dice que Josué ordenó pararse al Sol, y no a la Tierra . Incluso algunos de los admiradores de Copémico dijeron que él no había creído realmente en un universo centrado en el Sol, sino que se había limitado a proponerlo como un artificio para calcular los movimientos de los planetas.

El enfrentamiento histórico entre las dos concepciones del Cosmos centrado en la Tierra o centrado en el Sol alcanzó su punto culminante en los siglos dieciséis y diecisiete en la persona de un hombre que, como Tolomeo, era astrólogo y astrónomo a la vez. Vivió en una época en que el espíritu humano estaba aprisionado y la mente encadenada; en que las formulaciones eclesiásticas hechas un milenio o dos antes sobre cuestiones científicas se consideraban más fidedignas que los descubrimientos contemporáneos realizados con técnicas inaccesibles en la antigüedad; en que toda desviación incluso en materias



teológicas arcanas, con respecto a las preferencias doxológicas dominantes tanto católicas como protestantes, se castigaba con la humillación, la tribulación, el exilio, la tortura o la muerte. Los cielos estaban habitados por ángeles, demonios y por la mano de Dios, que hacía girar las esferas planetarias de cristal. No había lugar en la ciencia para la idea de que subyaciendo a los fenómenos de la Naturaleza pudiese haber leyes físicas. Pero el esfuerzo valiente y solitario de este hombre iba a desencadenar la revolución científica moderna.

Johannes Kepler nació en Alemania en 1571 y fue enviado de niño a la escuela del seminario protestante de la ciudad provincial de Maulbronn para que siguiese la carrera eclesiástica. Era este seminario una especie de campo de entrenamiento donde adiestraban mentes jóvenes en el uso del armamento teológico contra la fortaleza del catolicismo romano. Kepler, tenaz, inteligente y ferozmente independiente soportó dos inhóspitos años en la desolación de Maulbronn, convirtiéndose en una persona solitaria e introvertido, cuyos pensamientos se centraban en su supuesta indignidad ante los ojos de Dios. Se arrepintió de miles de pecados no más perversos que los de otros y desesperaba de llegar a alcanzar la salvación.

Pero Dios se convirtió para él en algo más que una cólera divina deseosa de propiciación. El Dios de Kepler fue el poder creativo del Cosmos. La curiosidad del niño conquistó su propio temor. Quiso conocer la escatología del mundo; se atrevió a contemplar la mente de Dios. Estas visiones peligrosas, al principio tan insustanciales como un recuerdo, llegaron a ser la obsesión de toda una vida. Las apetencias cargadas de hibris de un niño seminarista iban a sacar a Europa del enclaustramiento propio del pensamiento medieval.

Las ciencias de la antigüedad clásica habían sido silenciadas hacía más de mil años, pero en la baja Edad Media algunos ecos débiles de esas voces, conservados por los estudiosos árabes, empezaron a insinuarse en los planes educativos europeos. En Maulbronn, Kepler sintió sus reverberaciones estudiando, a la vez que teología, griego y latín, música y matemáticas. Pensó que en la geometría de Euclides vislumbraba una imagen de la perfección y del esplendor cósmico. Más tarde escribió: La Geometría existía antes de la Creación. La Geometría ofreció a Dios un modelo para la Creación... La Geometría es Dios mismo.

En medio de los éxtasis matemáticos de Kepler, y a pesar de su vida aislada, las imperfecciones del mundo exterior deben de haber modelado también su carácter. La superstición era una panacea ampliamente accesible para la gente desvalida ante las miserias del hambre, de la peste y de los terribles conflictos doctrinales. Para muchos la única certidumbre eran las estrellas, y los antiguos conceptos astrológicos prosperaron en los patios y en las tabernas de una Europa acosada por el miedo. Kepler, cuya actitud hacia la astrología fue ambigua toda su vida, se preguntaba por la posible existencia de formas ocultas bajo el caos aparente de la vida diaria. Si el mundo lo había ingeniado Dios, ¿no valía la pena examinarlo cuidadosamente? ¿No era el conjunto de la creación una

expresión de las armonías presentes en la mente de Dios? El libro de la Naturaleza había esperado más de un milenio para encontrar un lector.

En 1589, Kepler dejó Maulbronn para seguir los estudios de sacerdote en la gran Universidad de Tübingen, y este paso fue para él una liberación. Confrontado a las corrientes intelectuales más vitales de su tiempo, su genio fue inmediatamente reconocido por sus profesores, uno de los cuales introdujo al joven estudiante en los peligrosos misterios de la hipótesis de Copérnico.

Un universo heliocéntrico hizo vibrar la cuerda religiosa de Kepler, y se abrazó a ella con fervor. El Sol era una metáfora de Dios, alrededor de la cual giraba todo lo demás. Antes de ser ordenado se le hizo una atractiva oferta para un empleo secular que acabó aceptando, quizás porque sabía que sus aptitudes para la carrera eclesiástica no eran excesivas. Le destinaron a Graz, en Austria, para enseñar matemáticas en la escuela secundaria, y poco después empezó a preparar almanaques astronómicos y meteorológicos y a confeccionar horóscopos. Dios proporciona a cada animal sus medios de sustento escribió, y al astrónomo le ha proporcionado la astrología.

Kepler fue un brillante pensador y un lúcido escritor, pero fue un desastre como profesor. Refunfuñaba. Se perdía en digresiones. A veces era totalmente incomprensible. Su primer año en Graz atrajo a un puñado escaso de alumnos; al año siguiente no había ninguno. U distraía de aquel trabajo un incesante clamor interior de asociaciones y de especulaciones que rivalizaban por captar su atención. Y una tarde de verano, sumido en los intersticios de una de sus interminables clases, le visitó una revelación que iba a alterar radicalmente el futuro de la astronomía. Quizás dejó una frase a la mitad, y yo sospecho que sus alumnos, poco atentos, deseosos de acabar el día apenas se dieron cuenta de aquel momento histórico.

En la época de Kepler sólo se conocían seis planetas: Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter y Saturno. Kepler se preguntaba por qué eran sólo seis. ¿Por qué no eran veinte o cien? ¿Por qué sus órbitas presentaban el espaciamiento que Copérnico había deducido? Nunca hasta entonces se había preguntado nadie cuestiones de este tipo. Se conocía la existencia de cinco sólidos regulares o platónicos, cuyos lados eran polígonos regulares, tal como los conocían los antiguos matemáticos griegos posteriores a Pitágoras. Kepler pensó que los dos números estaban conectados, que la razón de que hubiera sólo seis planetas era porque había sólo cinco sólidos regulares, y que esos sólidos, inscritos o anidados uno dentro de otro, determinarían las distancias del Sol a los planetas. Creyó haber reconocido en esas formas perfectas las estructuras invisibles que sostenían las esferas de los seis planetas. Llamó a su revelación El Misterio Cósmico. La conexión entre los sólidos de Pitágoras y la disposición de los planetas sólo permitía una explicación: la Mano de Dios, el Geómetra.

Kepler estaba asombrado de que él, que se creía inmerso en el pecado, hubiera sido elegido por orden divina para realizar ese descubrimiento. Presentó una propuesta para que el duque de Württemberg le diera una ayuda a la investigación, ofreciéndose para supervisar la construcción de sus sólidos

anidados en un modelo tridimensional que permitiera vislumbrar a otros la grandeza de la sagrada geometría. Añadió que podía fabricarse de plata y de piedras preciosas y que serviría también de cáliz ducal. La propuesta fue rechazada con el amable consejo de que antes construyera un ejemplar menos caro, de papel, a lo cual puso en seguida manos a la obra: El placer intenso que he experimentado con este descubrimiento no puede expresarse con palabras... No prescindí de ningún cálculo por difícil que fuera. Dedicué días y noches a los trabajos matemáticos hasta comprobar que mi hipótesis coincidía con las órbitas de Copérnico o hasta que mi alegría se desvaneciera en el aire. Pero a pesar de todos sus esfuerzos, los sólidos y las órbitas planetarias no encajaban bien. Sin embargo, la elegancia y la grandiosidad de la teoría le persuadieron de que las observaciones debían de ser erróneas, conclusión a la que han llegado muchos otros teóricos en la historia de la ciencia cuando las observaciones se han mostrado recalcitrantes. Había entonces un solo hombre en el mundo que tenía acceso a observaciones más exactas de las posiciones planetarias aparentes, un noble danés que se había exiliado y había aceptado el empleo de matemático imperial de la corte del sacro emperador romano, Rodolfo 11. Ese hombre era Tycho Brahe. Casualmente y por sugerencia de Rodolfo, acababa de invitar a Kepler, cuya fama matemática estaba creciendo, a que se reuniera con él en Praga.

Kepler, un maestro de escuela provinciano, de orígenes humildes, desconocido de todos excepto de unos pocos matemáticos, sintió desconfianza ante el ofrecimiento de Tycho Brahe. Pero otros tomaron la decisión por él. En 1598 lo arrastró uno de los muchos temblores premonitorios de la venidera guerra de los Treinta Años. El archiduque católico local, inamovible en sus creencias dogmáticas, juró que prefería convertir el país en un desierto que gobernar sobre herejes '

Los protestantes fueron excluidos del poder político y económico, la escuela de Kepler clausurada, y prohibidas las oraciones, libros e himnos considerados heréticos. Después, se sometió a los ciudadanos a exámenes individuales sobre la firmeza de sus convicciones religiosas privadas: quienes se negaban a profesar la fe católica y romana eran multados con un diezmo de sus ingresos, y condenados, bajo pena de muerte, al exilio perpetuo de Graz. Kepler eligió el exilio: Nunca aprendí a ser hipócrita. La fe es para mí algo serio. No juego con ella.

Al dejar Graz, Kepler, su mujer y su hijastro emprendieron el duro camino de Praga. Su matrimonio no era feliz. Su mujer, crónicamente enferma y que acababa de perder a dos niños pequeños, fue calificada de estúpida, malhumorada, solitaria, melancólica. No había entendido nada del trabajo de su marido; provenía de la pequeña nobleza rural y despreciaba la profesión indigente de él. Por su parte él la sermoneaba y la ignoraba alternativamente; mis estudios me hicieron a veces desconsiderado, pero aprendí la lección, aprendí a tener paciencia con ella. Cuando veía que se tomaba mis palabras a pecho, prefería morderme el propio dedo a continuar ofendiéndola. Pero Kepler seguía preocupado con su trabajo.

Se imaginó que los dominios de Tycho serían un refugio para los males del momento, el lugar donde se confirmaría su Misterio Cósmico. Aspiraba a convertirse en un colega del gran Tycho Brahe, quien durante treinta y cinco años se había dedicado, antes de la invención del telescopio, a la medición de un universo de relojería, ordenado y preciso. Las expectativas de Kepler nunca se cumplieron. El propio Tycho era un personaje extravagante, adornado con una nariz de oro, pues perdió la original en un duelo de estudiantes disputando con otro la preeminencia matemática. A su alrededor se movía un bullicioso séquito de ayudantes, aduladores, parientes lejanos y parásitos varios. Las juergas inacabables, sus insinuaciones e intrigas, sus mofas crueles contra aquel piadoso y erudito patán llegado del campo deprimían y entristecían a Kepler: Tycho es... extraordinariamente rico, pero no sabe hacer uso de su riqueza. Uno cualquiera de sus instrumentos vale más que toda mi fortuna y la de mi familia reunidas.

Kepler estaba impaciente por conocer los datos astronómicos de Tycho, pero Tycho se limitaba a arrojarle de vez en cuando algún fragmento: Tycho no me dio oportunidad de compartir sus experiencias. Se limitaba a mencionarme, durante una comida y entre otros temas de conversación, como si fuera de paso, hoy la cifra del apogeo de un planeta, mañana los nodos de otro... Tycho posee las mejores observaciones... También tiene colaboradores. Solamente carece del arquitecto que haría uso de todo este material. Tycho era el mayor genio observador de la época y Kepler el mayor teórico. Cada uno sabía que por sí solo sería incapaz de conseguir la síntesis de un sistema del mundo coherente y preciso, sistema que ambos consideraban inminente. Pero Tycho no estaba dispuesto a regalar toda la labor de su vida a un rival en potencia, mucho más joven. Se negaba también, por algún motivo, a compartir la autoría de los resultados conseguidos con su colaboración, si los hubiera. El nacimiento de la ciencia moderna hija de la teoría y de la observación se balanceaba al borde de este precipicio de desconfianza mutua. Durante los dieciocho meses que Tycho iba a vivir aún, los dos se pelearon y se reconciliaron repetidamente. En una cena ofrecida por el barón de Rosenberg, Tycho, que había bebido mucho vino, dio más valor a la cortesía que a su salud y resistió los impulsos de su cuerpo por levantarse y excusarse unos minutos ante el barón. La consecuente infección urinaria empeoró cuando Tycho se negó resueltamente a moderar sus comidas y sus bebidas. En su lecho de muerte legó sus observaciones a Kepler, y en la última noche de su lento delirio iba repitiendo una y otra vez estas palabras, como si compusiera un poema: 'Que no crean que he vivido en vano... Que no crean que he vivido en vano.'

Kepler, convertido después de la muerte de Tycho en el nuevo matemático imperial, consiguió arrancar a la recalcitrante familia de Tycho las observaciones del astrónomo. Pero los datos de Tycho no apoyaban más que los de Copérnico su conjetura de que las órbitas de los planetas estaban circunscritas por los cinco sólidos platónicos. Su Misterio Cósmico quedó totalmente refutado por los descubrimientos muy posteriores de los planetas Urano, Neptuno y Plutón; no hay más sólidos 6 platónicos que permitan determinar su distancia al Sol.

Los sólidos pitagóricos anidados tampoco dejaban espacio para la luna terráquea, y el descubrimiento por Galileo de las cuatro lunas de Júpiter era también desconcertante. Pero en lugar de desanimarse, Kepler quiso encontrar más satélites y se preguntaba cuántos satélites tenía que tener cada planeta. Escribió a Galileo: Empecé a pensar inmediatamente en posibles adiciones al número de los planetas que no transtomaran mi *Mysteiium Cosmographicum*, según el cual los cinco sólidos regulares de Euclides no permiten más de seis planetas alrededor del Sol... Desconfío tan poco de la existencia de los cuatro planetas circumjovianos, que suspiro por tener un telescopio, para anticiparme a vos, si es posible, y descubrir dos más alrededor de Marte, como la proporción parece exigir, seis u ocho alrededor de Satumo y quizás uno

alrededor de Mercurio y también de Venus. Marte tiene dos pequeñas lunas y el mayor accidente geológico de la mayor de ellas se llama hoy en día Sierra de Kepler, en honor de su descubridor. Pero se equivocó totalmente con respecto a Satumo, Mercurio y Venus; y Júpiter tiene muchas más lunas de las que Galileo descubrió. Todavía ignoramos por qué hay sólo unos nueve planetas, y por qué sus distancias relativas al Sol son como son. (Ver capítulo 8.)

Tycho realizó sus observaciones de movimiento aparente entre las constelaciones de Marte y de otros planetas a lo largo de muchos años. Estos datos, de las últimas décadas anteriores a la invención del telescopio, fueron los más exactos obtenidos hasta entonces. Kepler trabajó con una intensidad apasionada para comprenderlos: ¿Qué movimiento real descrito por la Tierra y por Marte alrededor del Sol podía explicar, dentro de la precisión de las medidas, el movimiento aparente de Marte en el cielo, incluyendo los rizos retrógrados que describe sobre el fondo de las constelaciones? Tycho había recomendado a Kepler que estudiara Marte porque su movimiento aparente parecía el más anómalo, el más difícil de conciliar con una órbita formada por círculos. (Kepler escribió posteriormente por si el lector se aburría con sus múltiples cálculos: Si te cansa este procedimiento tedioso, compadécete de mí que hice por lo menos setenta intentos. )

Pitágoras, en el siglo sexto a. de C., Platón, Tolomeo y todos los astrónomos cristianos anteriores a Kepler, daban por sentado que los planetas se movían siguiendo caminos circulares. El círculo se consideraba una forma geométrica perfecta, y también los planetas colocados en lo alto de los cielos, lejos de la corrupción terrenal, se consideraban perfectos en un sentido místico. Galileo, Tycho y Copérnico creían igualmente en un movimiento circular y uniforme de los planetas, y el último de ellos afirmaba que la mente se estremece sólo de pensar en otra cosa, porque sería indigno imaginar algo así en una Creación organizada de la mejor manera posible. Así pues, Kepler intentó al principio explicar las observaciones suponiendo que la Tierra y Marte se movían en órbitas circulares alrededor del Sol.

Después de tres años de cálculos creyó haber encontrado los valores correctos de una órbita circular marciana, que coincidía con diez de las observaciones de Tycho con un error de dos minutos de arco. Ahora bien, hay 60 minutos de arco

en un grado angular, y 90 grados en un ángulo recto desde el horizonte al cenit. Por lo tanto, unos cuantos minutos de arco constituyen una cantidad muy pequeña para medir, sobre todo sin un telescopio. Es una quinceava parte del diámetro angular de la luna llena vista desde la Tierra. Pero el éxtasis inminente de Kepler pronto se convirtió en tristeza, porque dos de las observaciones adicionales de Tycho eran incompatibles con la órbita de Kepler con una diferencia de ocho minutos de arco:

La Divina Providencia nos ha concedido un observador tan diligente en la persona de Tycho Brahe que sus observaciones condenan este... cálculo a un error de ocho minutos; es cosa buena que aceptemos el regalo de Dios con ánimo agradecido... Si yo hubiera creído que podíamos ignorar esos ocho minutos hubiera apañado mi hipótesis de modo correspondiente. Pero esos ocho minutos, al no estar permitido ignorarlos, señalaron el camino hacia una completa reforma de la astronomía.

La diferencia entre una órbita circular y la órbita real solamente podía distinguirse con mediciones precisas y con una valerosa aceptación de los hechos: El universo lleva impreso el ornamento de sus proporciones armónicas, pero hay que acomodar las armonías a la experiencia. Kepler quedó muy afectado al verse en la necesidad de abandonar una órbita circular y de poner en duda su fe en el Divino Geómetra. Una vez expulsados del establo de la astronomía los círculos y las espirales, sólo le quedó, como dijo él, una carretada de estiércol, un círculo alargado, algo así como un óvalo.

Kepler comprendió al final que su fascinación por el círculo había sido un engaño. La Tierra era un planeta, como Copérnico había dicho, y para Kepler era del todo evidente que la perfección de una Tierra arrasada por las guerras, las pestes, el hambre y la infelicidad, dejaba mucho que desear. Kepler fue una de las primeras personas desde la antigüedad en proponer que los planetas son objetos materiales compuestos, como la Tierra, de sustancia imperfecta. Y si los planetas eran imperfectos, ¿por qué no habían de serlo también sus órbitas? Probó con varias curvas ovaladas, las calculó y las desechó, cometió algunos errores aritméticos (que al principio le llevaron a rechazar la solución correcta), pero meses después y ya un tanto desesperado probó la fórmula de una elipse, codificada por primera vez en la Biblioteca de Alejandría por Apolonio de Pérgamo. Descubrió que encajaba maravillosamente con las observaciones de Tycho: la verdad de la naturaleza, que yo había rechazado y echado de casa, volvió sigilosamente por la puerta trasera, y se presentó disfrazada para que yo la aceptara... Ah, ¡qué pájaro más necio he sido!

Kepler había descubierto que Marte giraba alrededor del Sol siguiendo no un círculo sino una elipse. Los otros planetas tienen órbitas mucho menos elípticas que Marte, y si Tycho le hubiera aconsejado estudiar el movimiento, por ejemplo de Venus, Kepler nunca hubiera descubierto las órbitas verdaderas de los planetas. En este tipo de órbitas el Sol no está en el centro, sino desplazado, en un foco de la elipse. Cuando un planeta cualquiera está en su punto más próximo al Sol, se acelera. Cuando está en el punto más lejano, va más lento. Es éste el movimiento que nos permite decir que los planetas están siempre

cayendo hacia el Sol sin alcanzarlo nunca. La primera ley del movimiento planetario de Kepler es simplemente ésta: Un planeta se mueve en una elipse con el Sol en uno de sus focos.

En un movimiento circular uniforme, un cuerpo recorre en tiempos iguales un ángulo igual o una fracción igual del arco de un círculo. Así, por ejemplo, se precisa el doble de tiempo para recorrer dos tercios de una circunferencia que para recorrer sólo un tercio de ella. Kepler descubrió que en una órbita elíptica las cosas son distintas. El planeta, al moverse a lo largo de su órbita, barre dentro de la elipse una pequeña área en forma de cuña. Cuando está cerca del Sol, en un período dado de tiempo traza un arco grande en su órbita, pero el área representada por ese arco no es muy grande, porque el planeta está entonces cerca del Sol. Cuando el planeta está alejado del Sol cubre un arco mucho más pequeño en el mismo período de tiempo, pero ese arco corresponde a una área mayor, pues el Sol está ahora más distante. Kepler descubrió que estas dos áreas eran exactamente iguales, por elíptica que fuese la órbita: el área alargada y delgada correspondiente al planeta cuando está alejado del Sol, y el área más corta y rechoncha cuando está cerca del Sol, son exactamente iguales. Ésta es la segunda ley del movimiento planetario de Kepler: Los planetas barren áreas iguales en tiempos iguales.

Las primeras dos leyes de Kepler pueden parecer algo remotas y abstractas: los planetas se mueven formando elipses y barren áreas iguales en tiempos iguales. Bueno, ¿y qué? El movimiento circular es más fácil de comprender. Quizá tendamos a dejar de lado estas leyes como meros pasatiempos matemáticos que no tienen mucho que ver con la vida diaria,. Sin embargo, éstas son las leyes que obedece nuestro planeta mientras nosotros, pegados a la superficie de la Tierra, volteamos a través del espacio interplanetario. Nosotros nos movemos de acuerdo con leyes de la naturaleza que Kepler descubrió por primera vez. Cuando enviarnos naves espaciales a los planetas, cuando observamos estrellas dobles, cuando estudiamos el movimiento de las galaxias lejanas, comprobamos que las leyes de Kepler son obedecidas en todo el universo.

Años después, Kepler descubrió su tercera y última ley del movimiento planetario, una ley que relaciona entre sí el movimiento de varios planetas, que da el engranaje correcto del aparato de relojería del sistema solar. La describió en un libro llamado *Las armonías del Mundo*. La palabra armonía tenía para Kepler muchos significados: el orden y la belleza del movimiento planetario, la existencia de leyes matemáticas explicativas de ese movimiento una idea que proviene de Pitágoras e incluso la armonía en sentido musical, la armonía de las esferas .

Aparte de las órbitas de Mercurio y de Marte, las órbitas de los otros planetas se desvían tan poco de la circularidad que no podemos distinguir sus formas reales aunque utilicemos un diagrama muy preciso. La Tierra es nuestra plataforma móvil desde la cual observamos el movimiento de los otros planetas sobre el telón de fondo de las constelaciones lejanas. Los planetas interiores se mueven rápidamente en sus órbitas, a esto se debe el nombre de Mercurio: Mercurio era el mensajero de los dioses. Venus, la Tierra y Marte se mueven alrededor del Sol,

con rapidez menor cada vez. Los otros planetas, como Júpiter y Saturno, se mueven majestuosa y lentamente, como corresponde a los reyes de los dioses.

La tercera ley de Kepler, o ley armónica, afirma que los cuadrados de los períodos de los planetas (los tiempos necesarios para completar una órbita) son proporcionales a los cubos de sus distancias medias al Sol: cuanto más distante está el planeta, más

lento es su movimiento, pero de acuerdo con una ley matemática

precisa:  $p^2 = a^3$ , donde P representa el período de rotación

alrededor del Sol medido en años, y a la distancia del planeta al

Sol, medida en unidades astronómicas. Una unidad astronómica es la distancia de la Tierra al Sol. Júpiter, por ejemplo, está a cinco unidades astronómicas del Sol, y a  $3 @ 5 \times 5 \times 5 = 125$ . ¿Cuál es el número que multiplicado por sí mismo da 125? El 11, desde luego, con bastante aproximación. Y 11 años es el período de tiempo que Júpiter necesita para dar una vuelta alrededor del Sol. Un argumento similar es válido para cada planeta, asteroide y cometa.

Kepler, no satisfecho con haber extraído de la naturaleza las leyes del movimiento planetario, se empeñó en encontrar alguna causa subyacente aún más fundamental, alguna influencia del Sol sobre la cinemática de los mundos. Los planetas se aceleraban al acercarse al Sol y reducían su velocidad al alejarse de él. Los planetas lejanos sentían de algún modo la presencia del Sol. El magnetismo era también una influencia percibido a distancia, y Kepler, en una sorprendente anticipación de la idea de la gravitación universal, sugirió que la causa subyacente estaba relacionada con el magnetismo:

Mi intención en esto es demostrar que la máquina celestial puede compararse no a un organismo divino sino más bien a un engranaje de relojería... Puesto que casi todos los múltiples movimientos son ejecutados por medio de una única fuerza magnética muy simple, como en el caso de un reloj en el cual todos los movimientos son producidos por un simple peso.

El magnetismo no es, por supuesto, lo mismo que la gravedad, pero la innovación fundamental de Kepler es en este caso realmente impresionante: Kepler proponía que las leyes físicas cuantitativas válidas en la Tierra sostienen también las leyes físicas cuantitativas que gobiernan los cielos. Fue la primera explicación no mística del movimiento de los cielos; explicación que convertía a la Tierra en una provincia del Cosmos. La astronomía dijo, forma parte de la física. Kepler se yergue en una cúspide de la historia; el último astrólogo científico fue el primer astrofísico.

Kepler, que no era propenso a rebajar el tono de sus afirmaciones valoró sus descubrimientos con estas palabras:

Con esta sinfonía de voces el hombre puede tocar la eternidad del tiempo en menos de una hora, y puede saborear en una pequeña medida el deleite de Dios, Artista Supremo... Me abandono libremente al frenesí sagrado... porque la suerte está echada y estoy escribiendo el libro; un libro que será leído ahora o en la posteridad, no importa. Puede esperar un siglo para encontrar un lector, al igual que Dios mismo esperó 6 000 años para tener un testigo.



Kepler creía que dentro de esta sinfonía de voces , la velocidad de cada planeta corresponde a ciertas notas de la escala musical latina popular en su época: do, re, mi, fa, sol, la, si, do.

En la armonía de las esferas, los tonos de la Tierra son, según él, fa y mi, y la Tierra está siempre canturreando fa y mi, notas que corresponden directamente a la palabra latina hambre . Decía, no sin razón, que esa única y lúgubre palabra era la mejor descripción de la Tierra.

Justamente ocho días después de que Kepler descubriese su tercera ley, se divulgó en Praga el incidente que desencadenó la guerra de los Treinta Años. Las convulsiones de la guerra afectaron a la vida de millones de seres, la de Kepler entre ellas. Perdió a su mujer y a su hijo en una epidemia que llegó con la soldadesca, su regio patrón fue depuesto y él mismo excomulgado por la Iglesia luterana a causa de su individualismo intransigente en materias doctrinales. De nuevo Kepler se convirtió en un refugiado. El conflicto, calificado de santo por católicos y protestantes, fue más bien una explotación del fanatismo religioso por gente hambrienta de poder y de tierras. Antes, las guerras acostumbraban a resolverse cuando los príncipes beligerantes agotaban sus recursos. Pero ahora se recurrió al pillaje organizado como un medio para mantener en pie de guerra a los combatientes. La devastada población europea estaba inerme mientras las rejas de los arados y los ganchos de poda eran requisados y convertidos literalmente en lanzas y espadas. 7

Oleadas de rumores y de paranoia inundaban el campo, afectando particularmente a los indefensos. Entre las muchas víctimas propiciatorias elegidas se contaban mujeres ancianas que vivían solas y a las que se acusaba de practicar la brujería: se llevaron así a media noche a la madre de Kepler, metida en una cesta de la colada. En la pequeña ciudad de Weil der Stadt, entre 1615 y 1629, un promedio de tres mujeres cada año, eran torturadas y ajusticiadas por brujas. Y Catalina Kepler era una vieja cascarrabias cuyas disputas molestaban a la nobleza local, y que además vendía drogas soporíferas y quizás también alucinógenos, como las actuales curanderas mexicanos. El pobre Kepler creyó que él mismo había contribuido a su detención.

Lo creyó, porque Kepler había escrito uno de los primeros libros de ciencia ficción, con el fin de explicar y popularizar la ciencia. Se llamaba *Somnium, El sueño*. Imaginó un viaje a la Luna y a los viajeros del espacio situados luego en la superficie lunar observando el encantador planeta Tierra que giraba lentamente en el cielo sobre ellos. Un cambio de perspectiva permite imaginar el funcionamiento de los mundos. En la época de Kepler una de las objeciones básicas a la idea de que la Tierra giraba era que la gente no siente este movimiento. En el *Somnium* Kepler intentaba mostrar la rotación de la Tierra como algo verosímil, espectacular, comprensible: Mi deseo, mientras la multitud no yerre, es estar de parte de la mayoría. Me esfuerzo, por tanto, en explicar las cosas al mayor número posible de personas. (En otra ocasión escribió en una carta: No me condenéis completamente a la rutina del cálculo matemático; dejadme tiempo para las especulaciones filosóficas, mi verdadero placer. )

Con la invención del telescopio se estaba haciendo posible aquello que Kepler llamó geografía lunar . En el *Somnium* describía la Luna llena de montañas, y de valles, y tan porosa como si la hubieran excavado totalmente con cavidades y cavernas continuas , una referencia a los cráteres lunares que Galileo había descubierto recientemente con el primer telescopio astronómico. También imaginó que la Luna tenía habitantes, bien adaptados a las inclemencias del ámbito local. Describe a la Tierra vista desde la superficie lunar, girando lentamente, e imagina que los continentes y océanos de nuestro planeta provocan alguna asociación de imágenes como la cara de la Luna. Describe la zona donde el sur de España y el norte de África entran casi en contacto por el estrecho de Gibraltar como una joven con el vestido suelto a punto de besar a su amante; aunque a mí me recuerda más a dos narices rozándose.

Kepler habla de la gran intemperancia del clima en la Luna y las violentas alternabais de calores y fríos extremos , debidas a la longitud del día y de la noche lunar, lo cual es totalmente correcto. Por supuesto, no acertó en todo. Creía, por ejemplo, que la Luna tenía una atmósfera importante, océanos y habitantes. Más curiosa es su opinión sobre el origen de los cráteres lunares, que dan a la Luna un aspecto, dice, no muy diferente al de la cara de un chico desfigurado por la viruela . Afirmó correctamente que los cráteres son depresiones y no montículos. En sus propias observaciones notó la existencia de las murallas que circundan muchos cráteres y de picos centrales. Pero pensó que su forma circular tan regular suponía un nivel tal de perfección que sólo podía explicarlo la presencia de vidas inteligentes. No imaginó que la caída de grandes rocas desde el cielo produciría una explosión local, perfectamente simétrica en todas las direcciones, que excavaría una cavidad circular: éste es el origen de la mayoría de los cráteres de la Luna y de otros planetas terrestres. En lugar de esto dedujo la existencia de alguna raza racional capaz de construir esas cavidades en la superficie de la Luna. Esta raza debe contar con muchos individuos, para que un grupo pueda hacer uso de una cavidad mientras otro grupo está construyendo otra . Kepler respondió a la objeción de que eran improbables proyectos constructivos tan monumentales, aduciendo como contraejemplos las Pirámides de Egipto y la Gran Muralla china, que, de hecho, puede verse hoy en día desde una órbita terrestre. La idea de que el orden geométrico revela una inteligencia subyacente fue una idea central en la vida de Kepler. Su argumento sobre los cráteres lunares anticipa claramente la controversia sobre los canales de Marte (capítulo 5). Es notable que la búsqueda observacional de vida extraterrestre empezara en la misma generación que inventó el telescopio, y con el teórico más grande de la época.

Hay fragmentos del *Somnium* claramente autobiográficos. El protagonista, por ejemplo, visita a Tycho Brahe. Sus padres venden drogas. Su madre se comunica con espíritus y demonios, uno de los cuales por cierto le consigue los medios para viajar a la Luna. El *Somnium* nos explica, aunque no todos los contemporáneos de Kepler lo entendieran, que en un sueño hay que permitir la libertad de imaginar a veces lo que nunca existió en el mundo de la percepción d e los sentidos. La ciencia ficción era una idea nueva para la época de la guerra

de los Treinta Años y el libro de Kepler sirvió como prueba de que su madre era una bruja.

Kepler, afectado por otros graves problemas personales, se apresuró sin embargo' a marchar hacia Württemberg donde encontró a su madre de setenta y cuatro años encerrada en un calabozo secular protestante y bajo amenaza de tortura, como le sucedió a Galileo en una prisión católica. Kepler, actuando como lo haría naturalmente un científico, se puso a encontrar explicaciones naturales a los diversos hechos que habían precipitado las acusaciones de brujería, incluyendo pequeñas enfermedades que los burgueses de Württemberg habían atribuido a sus hechizos. La investigación fue un éxito, un triunfo de la razón sobre la superstición, como lo fue gran parte de su vida. Su madre fue sentenciada, con una sentencia de muerte pendiente sobre su cabeza si alguna vez volvía a Württemberg; y la enérgica defensa de Kepler parece que promovió un decreto del duque que prohibía continuar aquellos procesos por brujería basados en pruebas tan poco convincentes.

Los desastres de la guerra privaron a Kepler de sus principales apoyos financieros, y pasó el final de sus días a rachas pidiendo dinero y buscando protectores. Confeccionó horóscopos para el duque de Wallenstein, como lo había hecho para Rodolfo II, y pasó sus últimos años en una ciudad de Silesia controlada por Wallenstein y llamada Sagan. Su epitafio, que él mismo compuso, reza: Medí los cielos y ahora mido las sombras. Mi mente tenía por límite los cielos, mi cuerpo descansa encerrado en la Tierra. Pero la Guerra de los Treinta Años arrasó su sepultura. Si hubiera que erigirle hoy una estela podría rezar, en honor a su coraje científico: Prefirió la dura verdad a sus ilusiones más queridas.

Johannes Kepler confiaba en que un día existirían naves celestes con velas adaptadas a los vientos del cielo, navegando por el firmamento llenas de exploradores que no temerían a la inmensidad del espacio . Hoy en día esos exploradores, hombres y robots, utilizan en sus viajes a través de la inmensidad del espacio, como guías infalibles, las tres leyes del movimiento planetario que Kepler aportó durante toda una vida de descubrimientos estáticos y de trabajo personal.

El esfuerzo de Johannes Kepler, proseguido durante toda una vida, para comprender los movimientos de los planetas, por buscar una armonía en los cielos, culminó treinta y seis años después de su muerte, en la obra de Isaac Newton. Newton nació el día de Navidad de 1642, tan pequeño que, como su madre le dijo después, hubiera cabido en una jarra de cuarto. Isaac Newton, dominado por el miedo de que sus padres le abandonasen, fue quizás el mayor genio científico que haya existido. Incluso de joven, Newton se preocupaba por cuestiones de tan poca monta como saber por ejemplo si la luz era una sustancia o un accidente , o conocer el mecanismo que permitía a la gravedad actuar, a pesar de un vacío intermedio. Pronto decidió que la convencional creencia cristiana en la Trinidad era una lectura errada de la Escritura. Según su biógrafo, John Maynard Keynes,

... Era más bien un judío monoteísta de la escuela de Maimónides. Llegó a su conclusión no por motivos racionales o escépticos sino basándose totalmente en la interpretación de autoridades antiguas: Estaba persuadido de que los documentos revelados no apoyaban las doctrinas trinitarias, las cuales se debían a la falsificación posterior. El Dios revelado era un único Dios. Pero esto era un terrible secreto que Newton ocultó con gran sacrificio toda su vida.

Al igual que Kepler, no fue inmune a las supersticiones de su época y tuvo muchos contactos con el misticismo. De hecho, gran parte del desarrollo intelectual de Newton se puede atribuir a esta tensión entre racionalismo y misticismo. En la feria de Stourbridge, en 1663, a los veinte años, adquirió un libro de astrología, sólo por la curiosidad de ver qué contenía. Lo leyó hasta llegar a una ilustración que no pudo entender, porque desconocía la trigonometría. Compró entonces un libro de trigonometría pero pronto vio que no podía seguir los argumentos geométricos. Encontró pues un ejemplar de los *Elementos de Geometría de Euclides* y empezó a leerlo. Dos años después inventaba el cálculo diferencial.

De estudiante, Newton estuvo fascinado por la luz y obsesionado por el Sol. Se dedicó al peligroso experimento de mirar fijamente la imagen del Sol en un espejo:

En pocas horas había dejado mis ojos en tal estado que no podía mirar con ningún ojo ningún objeto brillante sin ver el Sol delante de mí, de modo que no me atreví a leer ni a escribir, sino que a fin de recuperar el uso de mis ojos me encerré en mi habitación después de oscurecerla, tres días seguidos, y utilicé todos los medios para distraer mi imaginación. Porque si pensaba en él al momento veía su imagen aunque estuviera a oscuras.

En 1666, a la edad de veintitrés años, Newton estaba estudiando en la Universidad de Cambridge, cuando un brote epidémico le obligó a pasarse un año en cama en el pueblecito aislado de Woolsthorpe, en donde había nacido. Allí se dedicó a inventar el cálculo diferencial e integral, a realizar descubrimientos fundamentales sobre la naturaleza de la luz y a establecer las bases para la teoría de la gravitación universal. El único año parecido a éste en la historia de la física fue el año milagroso de Einstein en 1905. Cuando le preguntaban cómo había llevado a cabo sus sorprendentes descubrimientos, Newton contestaba enigmáticamente: Pensando en ellos. Su labor era tan importante que su profesor en Cambridge, Isaac Barrow, renunció a su cátedra de matemáticas y la cedió a Newton cinco años después de que el joven estudiante regresase a la universidad.

Newton fue descrito por su criado del siguiente modo:

No le vi nunca practicar ninguna diversión ni pasatiempo, ni montar a caballo para tomar el aire, ni pasear ni jugar a los bolos, u otro ejercicio cualquiera: él creía que cualquier hora que no estuviera dedicada a sus estudios era una hora perdida, y lo cumplía tanto que raramente dejaba su habitación excepto para dar clase en las horas prefijadas... donde tan pocos iban a escucharle, y aún menos le entendían, que a menudo a falta de oyentes hablaba, por decirlo así, para las paredes.

Ni los estudiantes de Kepler ni los de Newton supieron nunca lo que se estaban perdiendo.

Newton descubrió la ley de la inercia, la tendencia de un objeto en movimiento a continuar moviéndose en una línea recta, a menos que sufra la influencia de algo que le desvíe de su camino. Newton supuso que si la Luna no salía disparada en línea recta, según una línea tangencial a su órbita, se debía a la presencia de otra fuerza que la empujaba en dirección a la Tierra, y que desviaba constantemente su camino convirtiéndolo en un círculo. Newton llamó a esta fuerza gravedad y creyó que actuaba a distancia. No hay nada que conecte físicamente la Tierra y la Luna y sin embargo la Tierra está constantemente tirando de la Luna hacia nosotros. Newton se sirvió de la tercera ley de Kepler y dedujo matemáticamente la naturaleza de la fuerza de la gravedad. 9 Demostró que la misma fuerza que hacía caer una manzana sobre la Tierra mantenía a la Luna en su órbita y explicaba las revoluciones de las lunas de Júpiter, recientemente descubiertas en aquel entonces, en sus órbitas alrededor de aquel lejano planeta.

Las cosas han estado cayendo desde el principio de los tiempos. Que la Luna gira alrededor de la Tierra es un hecho que la humanidad ha creído a lo largo de toda su historia. Newton fue el primero en pensar que esos dos fenómenos se debían a la misma fuerza. Este es el significado de la palabra universal aplicada a la gravitación newtoniana. La misma ley de la gravedad es válida para cualquier punto del universo.

Es una ley de cuadrado inverso. La fuerza disminuye inversamente al cuadrado de la distancia. Si separamos dos objetos el doble de su distancia anterior, la gravedad que ahora tiende a juntarlos es sólo una cuarta parte de la de antes. Si los separamos diez veces más lejos, la gravedad es diez al cuadrado, 100 veces menor. Se entiende en cierto modo que la fuerza deba ser inversa, es decir que disminuya con la distancia. Si la fuerza fuese directa y aumentara con la distancia, la fuerza mayor actuaría sobre los objetos más distantes, y yo supongo que toda la materia del universo acabaría precipitándose para formar una simple masa cósmica. No, la gravedad debe disminuir con la distancia, y por ello un cometa o un planeta se mueve lentamente cuando está lejos del Sol y rápidamente cuando está cerca de él: la gravedad que siente es tanto más débil cuanto más alejado está del Sol.

Las tres leyes de Kepler sobre el movimiento planetario pueden derivarse de los principios newtonianos. Las leyes de Kepler eran empíricas, basadas en las laboriosas observaciones de Tycho Brahe. Las leyes de Newton eran teóricas, abstracciones matemáticas bastante simples, a partir de las cuales podían derivarse, en definitiva, todas las mediciones de Tycho. Gracias a estas leyes, Newton pudo escribir con franco orgullo en *los Principia*: Demuestro ahora la estructura del Sistema del Mundo.

Más adelante, Newton presidió la Royal Society, una asociación de científicos, y fue director de la Casa de la Moneda, donde dedicó sus energías a suprimir la falsificación de monedas. Su malhumor y su retraimiento habitual aumentaron; decidió abandonar los asuntos científicos que provocaban broncas disputas con otros científicos, sobre todo por cuestiones de prioridad, y algunos propagaron

historias contando que había sufrido el equivalente en el siglo diecisiete de una crisis nerviosa . En cualquier caso, Newton continuó sus experimentos de toda la vida en la frontera entre la alquimia y la química, y ciertos datos recientes sugieren que su mal no era tanto una enfermedad psicogénica como un fuerte envenenamiento de metales, provocado por la ingestión sistemática de pequeñas cantidades de arsénico y de mercurio. Era costumbre habitual entre los químicos de la época utilizar el sentido del gusto como instrumento analítico.

Sin embargo, sus prodigiosos poderes intelectuales se mantuvieron intactos. En 1696, el matemático suizo Johann Bernoulli retó a sus colegas a solucionar una cuestión irresoluble, llamada el problema de la braquistocrona; o sea determinar la curva que conecta dos puntos, desplazados lateralmente uno de otro, a lo largo de la cual un cuerpo caería en el menor tiempo posible bajo la única acción de la gravedad. Bernoulli fijó al principio un plazo límite de seis meses, pero lo alargó hasta un año y medio a petición de Leibniz, uno de los sabios principales de la época y el hombre que inventó, independientemente de Newton, el cálculo diferencial e integral. El reto fue comunicado a Newton el 24 de enero de 1697 a las cuatro de la tarde. Antes de salir a trabajar en la mañana siguiente, Newton había inventado una rama de las matemáticas totalmente nueva llamada cálculo de variaciones, la utilizó para resolver el problema de la braquistocrona y envió la solución que, por deseo de Newton, fue publicada anónimamente. Pero la brillantez y la originalidad del trabajo delataron la identidad del autor. Cuando Bernoulli vio la solución comentó: Reconocemos al león por sus garras. Newton tenía entonces cincuenta y cinco años.

El pasatiempo intelectual preferido de sus últimos años fue la concordancia y calibración de las cronologías de antiguas civilizaciones, muy en la tradición de los antiguos historiadores Maneto, Estrabón y Eratóstenes. En su última obra póstuma, *La cronología de los Antiguos Reinos Amended*, encontramos repetidas calibraciones astronómicas de acontecimientos históricos; una reconstrucción arquitectónica del Templo de Salomón; una provocativa propuesta según la cual todas las constelaciones del hemisferio norte llevan nombres de personajes, objetos y acontecimientos de la historia griega de Jasón y los argonautas; y la hipótesis lógica de que los dioses de todas las civilizaciones, con la única excepción de la de Newton, no eran más que reyes antiguos y héroes deificados por las generaciones posteriores.

Kepler y Newton representan una transición crítica en la historia de la humanidad, el descubrimiento de que hay leyes matemáticas bastante simples que se extienden por toda la naturaleza; que las mismas reglas son válidas tanto en la Tierra como en los cielos; y que hay una resonancia entre nuestro modo de pensar y el funcionamiento del mundo. Ambos respetaron inflexiblemente la exactitud de los datos observacionales, y la gran precisión de sus predicciones sobre el movimiento de los planetas proporcionó una prueba convincente de que los hombres pueden entender el Cosmos a un nivel insospechadamente profundo. Nuestra moderna civilización global, nuestra visión del mundo y nuestra exploración del Universo tienen una deuda profunda para con estas concepciones.

Newton era circunspecto con sus descubrimientos y ferozmente competitivo con sus colegas científicos. No le costó nada esperar una década o dos antes de publicar la ley del cuadrado inverso que había descubierto. Pero al igual que Keples y Tolomeo, se exaltaba ante la grandiosidad y la complicación de la Naturaleza, y al mismo tiempo se mostraba de una modestia encantadora. Poco antes de morir escribió: No sé qué opina el mundo de mí; pero yo me siento como un niño que juega en la orilla del mar, y se divierte descubriendo de vez en cuando un guijarro más liso o una concha más bella de lo corriente, mientras el gran océano de la verdad se extiende ante mí, todo él por descubrir.

#### Capítulo 4. Cielo e infierno.

*Edda islandés de SNORRI STURLUSON, 1200*

Me he convertido en muerte, en el destructor de mundos. *Bhagavad Gita* Las puertas de] cielo y de] infierno son adyacentes e idénticas.

NIKOs KAZANTZAKIs, *La última tentación de Clisto*

La Tierra es un lugar encantador y más o menos plácido. Las cosas cambian pero lentamente. Podemos vivir toda una vida y no presenciar personalmente desastres naturales de violencia superior a una simple tormenta. Y de este modo nos volvemos relajados, complacientes, tranquilos. Pero en la historia de la naturaleza los hechos hablan por sí solos. Ha habido mundos devastados. Incluso nosotros, los hombres, hemos conseguido la dudosa distinción técnica de poder provocar nuestros propios desastres, tanto intencionados como inadvertidas. En los paisajes de otros planetas que han conservado las marcas del pasado, hay pruebas abundantes de grandes catástrofes. Todo depende de la escala temporal. Un acontecimiento que sería impensable en un centenar de años, puede que sea inevitable en un centenar de millones de años. Incluso en la Tierra, incluso en nuestro propio siglo, han ocurrido extraños acontecimientos naturales.

En las primeras horas de la mañana del 30 de junio de 1908, en Siberia Central, se observó una gigantesca bola de fuego moviéndose rápidamente a través del cielo. Cuando tocó el horizonte se produjo una enorme explosión que arrasó 2 000 kilómetros cuadrados de bosque e incendió con una ráfaga de fuego miles de árboles cercanos al lugar del impacto. La consiguiente onda de choque atmosférica dio dos veces la vuelta a la Tierra. En los dos días siguientes, el polvillo presente en la atmósfera era tan abundante que se podía leer el periódico de noche, en las calles de Londres, a 1 0 000 kilómetros de distancia, por la luz que este polvillo dispersaba.

El gobierno de Rusia, bajo los zares, no podía molestarse en investigar un incidente tan trivial, el cual después de todo, se había producido muy lejos, entre los retrasados tunguses de Siberia. Hasta diez años después de la Revolución

no se envió una expedición para examinar el terreno y entrevistar a los testigos. He aquí algunas de las crónicas que trajeron consigo:

A primera hora de la mañana todo el mundo dormía en la tienda cuando ésta voló por los aires, junto con sus ocupantes. Al caer de nuevo a Tierra, la familia entera sufrió ligeras magulladuras, pero Akulina e Iván quedaron realmente inconscientes. Cuando recobraron el conocimiento oyeron muchísimo ruido y vieron a su alrededor el bosque ardiendo y en gran parte devastado.

Estaba sentado en el porche de la caseta de la estación comercial de Vanovara a la hora del desayuno y mirando hacia el Norte. Acababa de levantar el hacha para reparar un tonel, cuando de pronto el cielo se abrió en dos, y por encima del bosque toda la parte Norte del cielo pareció que se cubría de fuego. Sentí en ese momento un gran calor como si se hubiese prendido fuego a mi camisa... quise sacármela y tirarla, pero en ese momento hubo en el cielo una explosión y se oyó un enorme estruendo. Aquello me tiró al suelo a unos tres sayenes de distancia del porche y por un momento perdí el conocimiento. Mi mujer salió corriendo y me metió en la cabaña. Al estruendo le siguió un ruido como de piedras cayendo del cielo o de escopetas disparando. La Tierra temblaba, y cuando estaba caído en el suelo me cubrí la cabeza porque temía que las piedras pudieran golpearme. En aquel momento, cuando el cielo se abrió, sopló del Norte, por entre las cabañas, un viento caliente como el de un cañón. Dejó señales en el suelo.

Estaba sentado tomando el desayuno al lado de mi arado, cuando oí explosiones súbitas, como disparos de escopetas. Mi caballo cayó de rodillas. Una llamarada se elevó por el lado Norte, sobre el bosque... Vi entonces que los abetos del bosque se inclinaban con el viento y pensé en un huracán. Agarré el arado con las dos manos para que no volara. El viento era tan fuerte que arrancaba la tierra del suelo, y luego el huracán levantó sobre el Angara una pared de agua. Lo vi todo con bastante claridad, porque mi campo estaba en una ladera.

El rugido aterrizó de tal modo a los caballos que algunos salieron galopando desbocados, arrastrando los arados en diferentes direcciones, y otros se desplomaron en el suelo.

Los carpinteros, tras el primer y el segundo estallido, se santiguaron estupefactos, y cuando resonó el tercer estallido cayeron del edificio sobre la madera astillada. Algunos estaban tan aturridos e intensamente aterrizados que tuve que calmarlos y tranquilizarlos. Todos dejamos el trabajo y nos fuimos hacia el pueblo. Allí, multitudes enteras de habitantes estaban reunidos en las calles, aterrizados, hablando del fenómeno.

Yo estaba en el campo;... acababa de enganchar un caballo a la grada y empezaba a sujetar el otro cuando de pronto oí que sonaba como un fuerte disparo por la derecha. Me volví inmediatamente y vi un objeto llameante alargado volando a través del cielo. La parte frontal era mucho más ancha que la cola y su color era como de fuego a la luz del día. Su tamaño era varias veces mayor que el sol pero su brillo mucho más débil, de modo que se podía mirar sin cubrirse los ojos. Detrás de las llamas había una estela como de polvo. Iba envuelto en pequeñas humaredas dispersas y las llamas iban dejando detrás



otras llamas azules. Cuando hubo desaparecido la llama, se oyeron estallidos más fuertes que el disparo de una escopeta, podía sentirse temblar el suelo, y saltaron los vidrios de las ventanas de la cabaña.

... Estaba lavando ropa en el banal del río Kan. De pronto se oyó un ruido como el aleteo de un pájaro asustado... y apareció en el río una especie de marea. Después se oyó un estallido único tan fuerte que una de las mujeres trabajadoras... se cayó al agua.

Este notable caso se conoce por el Acontecimiento de Tunguska. Algunos científicos han sugerido que lo causó la caída de un trozo de antimateria que se aniquiló al entrar en contacto con la materia ordinaria de la Tierra, desapareciendo en un destello de rayos gamma. Pero la ausencia de radiactividad en el lugar del impacto no apoya esta teoría. Otros postulan que un mini agujero negro atravesó la Tierra entrando en Siberia y saliendo por el otro lado. Pero los datos de las ondas de choque atmosféricas no muestran indicios de que aquel día saliera proyectado un objeto por el Atlántico Norte. Quizás fuese una nave espacial de alguna civilización extraterrestre increíblemente avanzada con un desesperado problema técnico a bordo, que se estrelló en una región remota de un oscuro planeta. Pero en el lugar del impacto no hay ni rastro de una nave de este tipo. Se han propuesto todas estas ideas, algunas con más o menos seriedad. Ninguna de ellas está firmemente apoyada por la evidencia. El punto clave del Acontecimiento de Tunguska es que hubo una tremenda explosión, una gran onda de choque, un enorme incendio forestal, y que sin embargo no hay cráter de impacto en el lugar. Parece que sólo hay una explicación consecuente con todos los hechos: en 1908 un trozo de cometa golpeó la Tierra.

En los vastos espacios que separan a los planetas hay muchos objetos, algunos rocosos, otros metálicos, otros de hielo, otros compuestos parcialmente de moléculas orgánicas. Son desde granos de polvo hasta bloques irregulares del tamaño de Nicaragua o Bhutan. Y a veces, por accidente, hay un planeta en su camino. El Acontecimiento de Tunguska fue provocado probablemente por un fragmento de cometa helado de cien metros aproximadamente el tamaño de un campo de fútbol, de un millón de toneladas de peso, y moviéndose a treinta kilómetros por segundo aproximadamente.

Si un impacto de este tipo acaeciese hoy en día podría confundirse, sobre todo en el momento inicial de pánico, con una explosión nuclear. El impacto cometario y la bola de fuego simularían todos los efectos de una explosión nuclear de un megatón, incluyendo la nube en forma de hongo, con dos excepciones: no habría radiaciones gamma ni precipitación de polvo radiactivo. ¿Es posible que un acontecimiento, raro aunque natural, el impacto de un considerable fragmento cometario, desencadene una guerra nuclear? Extraña escena: un pequeño cometa choca contra la Tierra, como lo han hecho ya millones de ellos, y la respuesta de nuestra civilización es la inmediata autodestrucción. Quizás nos convendría entender un poco mejor que hasta ahora los cometas, las colisiones y las catástrofes. Por ejemplo, un satélite norteamericano Vela detectó el 22 de septiembre de 1979 un doble e intenso

destello luminoso procedente de la región del Atlántico Sur y de la parte occidental de Océano Índico. Las primeras especulaciones sostenían que se trataba de la prueba clandestina de un arma nuclear de baja potencia (dos kilotones, la sexta parte de energía de la bomba de Hiroshima) llevada a cabo por Sudáfrica o Israel. En todo el mundo se consideró que las consecuencias políticas eran serias. Pero, ¿y si los destellos se debieran a un asteroide pequeño o a un trozo de cometa? Se trata de una posibilidad real, porque los reconocimientos en la zona de los destellos no mostraron ningún vestigio de radiactividad anormal en el aire. Esta posibilidad subraya el peligro que supone, en una época de armas nucleares, no controlar mejor los impactos procedentes del espacio.

Un cometa está compuesto principalmente por hielo de agua ( $H_2O$ ) con un poco de hielo de metano ( $CH_4$ ), y algo de hielo de amoníaco ( $NH_3$ ). Un modesto fragmento cometario, al chocar con la atmósfera de la Tierra, produciría una gran y radiante bola de fuego, y una potente onda explosiva que incendiaría árboles, arrasaría bosques y se escucharía en todo el mundo. Pero no podría excavar en el suelo un cráter grande. Todos los hielos se derretirían durante la entrada. Del cometa quedarían pocas piezas reconocibles, quizás sólo un rastro de pequeños granos provenientes de las partes no heladas del núcleo cometario. Recientemente, el científico soviético E. Sobotovich ha identificado un gran número de diamantes diminutos esparcidos por la zona de Tunguska. Es ya conocida la existencia de diamantes de este tipo en meteoritos que han sobrevivido al impacto y cuyo origen último pueden ser los cometas. En muchas noches claras, mirando pacientemente hacia el cielo, puede verse en lo alto algún meteorito solitario brillando levemente. Algunas noches puede verse una lluvia de meteoritos, siempre en unos mismos días del año; es un castillo natural de fuegos artificiales, un espectáculo de los cielos. Estos meteoritos están compuestos por granos diminutos, más pequeños que un grano de mostaza. Más que estrellas fugaces son copos que caen. Brillan en el momento de entrar en la atmósfera de la Tierra, y el calor y la fricción los destruyen a unos 100 kilómetros de altura. Los meteoritos son restos de cometas. 1 Los viejos cometas, calentados por pasos repetidos cerca del Sol, se desmembraron, se evaporan y se desintegran. Los restos se dispersan llenando toda la órbita cometaria. En el punto de intersección de esa órbita con la de la Tierra, hay un enjambre de meteoritos esperándonos. Parte del enjambre está siempre en la misma posición en la órbita de la Tierra, y la lluvia de meteoritos se observa siempre el mismo día de cada año. El 30 de junio de 1908 fue el día correspondiente a la lluvia del meteorito Beta Tauris, relacionado con la órbita del cometa Encke. Parece que el Acontecimiento de Tunguska fue causado por un pedazo de cometa Encke, un trozo bastante más grande que los diminutos fragmentos que causan estas lluvias de meteoritos, resplandecientes e inofensivas.

Los cometas siempre han suscitado temor, presagios y supersticiones. Sus apariciones ocasionales desafiaban de modo inquietante la noción de un Cosmos inalterable y ordenado por la divinidad. Parecía inconcebible que una

lengua espectacular de llama blanca como la leche, saliendo y poniéndose con las estrellas noche tras noche, estuviera allí sin ninguna razón, que no trajera algún presagio sobre cuestiones humanas. Así nació la idea de que los cometas eran precursores del desastre, augurios de la ira divina; que predecían la muerte de los príncipes y la caída de los reinos. Los babilonios pensaban que los cometas eran barbas celestiales. Los griegos las veían como cabelleras flotantes, los árabes como espadas llameantes. En la época de Tolomeo los cometas se clasificaban laboriosamente, según sus formas, en rayos , trompetas , jarras y demás. Tolomeo pensó que los cometas traían guerras, temperaturas calurosas y desórdenes . Algunas descripciones medievales de cometas parecen crucifijos volantes no identificados. Un superintendente u obispo luterano de Magdeburgo llamado Andreas Celichius publicó en 1578 una *Advertencia teológico del nuevo cometa*, donde ofrecía la inspirada opinión según la cual un cometa es la humareda espesa de los pecados humanos, que sube cada día, a cada hora, en cada momento, llena de hedor y de horror ante la faz de Dios, volviéndose gradualmente más espesa hasta formar un cometa con trenzas rizadas, que al final se enciende por la cólera y el fuego ardiente del Supremo Juez Celestial. Pero otros replicaron que si los cometas fuesen el humo de los pecados, los cielos estarían ardiendo continuamente.

El dato más antiguo sobre la aparición del cometa Halley (o de cualquier otro cometa) aparece en la obra china *Libro del príncipe de Huai Nan*, participante en la marcha militar del rey Wu contra Zhou de Yin. Fue en el año 1057 a. de C. La aproximación del cometa Halley a la Tierra en el año 66 es la explicación más probable del relato de Josefo sobre una espada que estuvo colgando un año entero sobre Jerusalén. En 1066, los normandos presenciaron un nuevo regreso del cometa Halley. Pensaron que debía de presagiar la caída de algún reino, y así el cometa incitó, y en cierto modo precipitó la invasión de Inglaterra por Guillermo el Conquistador. El cometa fue notificado a su debido tiempo en un periódico de la época, el *Tapiz de Bayeux*. En 1301 Giotto,, uno de los fundadores de la pintura realista moderna, presenció otra aparición del cometa Halley y lo introdujo en una

escena de la Natividad . El Gran Cometa de 1466, de nuevo el Halley, aterrizó a la Europa cristiana; los cristianos temieron que Dios, que envía los cometas, pudiera estar de parte de los turcos que acababan de apoderarse de Constantinopla.

Los principales astrónomos de los siglos dieciséis y diecisiete estuvieron fascinados por los cometas, e incluso a Newton le daban un poco de vértigo. Kepler describió los cometas precipitándose a través del espacio como peces en el agua , pero disipados por la luz solar, pues la cola cometaria siempre señala en dirección contraria al Sol. David Hume, en muchos casos un intransigente racionalista, jugó por lo menos con el concepto de que los cometas eran las células reproductoras los óvulos o el esperma de los sistemas planetarios, y que los planetas se producían practicando una especie de sexo interestelar. Cuando Newton era estudiante y no había inventado aún el telescopio reflector, pasó muchas noches seguidas en vela explorando a simple vista el cielo en

búsqueda de cometas, con un fervor tal que cayó enfermo de agotamiento. Newton, secundando a Tycho y a Kepler, concluyó que los cometas vistos desde la Tierra no se mueven en el interior de nuestra atmósfera, como Aristóteles y otros habían pensado, sino que están bastante más lejos que la Luna, aunque más cerca que Saturno. Los cometas brillan, al igual que los planetas, porque reflejan la luz solar, y están muy equivocados quienes los sitúan casi tan lejos como las estrellas fijas; pues si así fuese, los cometas no podrían recibir más luz de nuestro sol que la que nuestros planetas reciben de las estrellas fijas. Demostró que los cometas, como los planetas, se mueven en elipse: Los cometas son una especie de planetas que giran en órbitas muy excéntricas alrededor del Sol. Esta desmitificación, esta predicción de las órbitas cometarias regulares, permitió a su amigo Edmund Halley calcular en 1707 que los cometas de 1531, 1607, y 1682 eran apariciones del mismo cometa a intervalos de 76 años, y predecir su regreso en 1758. El cometa llegó a su debido tiempo y le dedicaron, póstumamente, su nombre. El cometa Halley ha jugado un importante papel en la historia humana, y puede que sea el objetivo de la primera sonda espacial hacia un cometa, durante su regreso en 1986.

Los científicos planetarios modernos a veces afirman que la colisión de un cometa con un planeta podría suponer una considerable contribución a la atmósfera planetario. Por ejemplo, toda el agua presente actualmente en la atmósfera podría explicarse por el impacto reciente de un cometa pequeño. Newton señaló que la materia de la cola de los cometas se disipa en el espacio interplanetario, se desprende del cometa y poco a poco es atraída por la gravedad hacia los planetas cercanos. Creía que el agua en la Tierra se perdía gradualmente, gastándose en la vegetación y en la putrefacción, y convirtiéndose en tierra seca... Los fluidos, si no se suministran desde el exterior, han de disminuir continuamente, y al final han de faltar del todo. Parece que Newton creyó que los océanos de la Tierra son de origen cometario, y que la vida es posible solamente porque la sustancia cometaria cae sobre nuestro planeta. En un arrebató místico aún fue más lejos: Además sospecho que el espíritu proviene principalmente de los cometas, el cual es por supuesto la parte más pequeña pero la más sutil y provechosa de nuestro aire, y tan necesaria para sustentar la vida de todas las cosas, incluyendo la nuestra.

Ya en 1869 el astrónomo William Huggins encontró una identidad entre algunos aspectos del espectro de un cometa y el espectro del gas natural u olifcante. Huggins había encontrado materia orgánica en los planetas; años después se identificó en la cola de los cometas cianógeno, CN, consistente en un átomo de carbono y uno de nitrógeno, el fragmento molecular que produce los cianuros. Cuando la Tierra en 1910 estaba a punto de atravesar la cola del cometa Halley mucha gente se aterrorizó, porque no tuvo en cuenta que la cola de un cometa es extraordinariamente difusa: el peligro real del veneno presente en la cola de un cometa es bastante menor que el peligro que ya en 1910 suponía la polución industrial de las grandes ciudades.

Pero eso no tranquilizó a casi nadie. Los titulares del *Chronicle* de San Francisco del 15 de mayo decían, por ejemplo, Cámara para cometas tan grande

como una casa , El cometa llega y el marido se reforma , Fiestas cometarias, última novedad en Nueva York . El *Examiner* de Los Ángeles adoptaba un tono frívolo: Dime: ¿No te ha cianogenado aún este cometa?... Toda la raza humana tendrá un baño gratuito de gases , Se prevén grandes juergas , Muchos sienten el gusto del cianógeno , Una víctima se encarama a un árbol para intentar telefonar al Cometa . En 1910 se celebraron fiestas para divertirse antes de que la contaminación de cianuro acabara con el mundo. Los vendedores pregonaban píldoras anticometa y mascarillas de gas, que fueron una extraña premonición de los campos de batalla de la primera guerra mundial.

En nuestra época subsiste cierta confusión con respecto a los cometas. En 1957 yo trabajaba de licenciado en el Observatorio Yerkes de la Universidad de Chicago. Estaba solo en el observatorio a altas horas de la noche cuando oí sonar insistentemente el teléfono. Al contestar, una voz que delataba un avanzado estado de ebriedad dijo: Quiero hablar con un astrónomo. ¿Puedo ayudarle en algo? Sí, verás, estamos en el jardín con esta fiesta, aquí en Wilmette, y hay algo en el cielo. Pero lo bueno es e si lo miras directamente desaparece. Y si no lo miras está ahí. Ea parte más sensible de la retina no está en el centro del campo de visión. Las estrellas débiles y otros objetos pueden verse desviando la vista ligeramente. Yo sabía que en el cielo y apenas visible en aquel momento había un cometa recién descubierto llamado Arend Roland. Le dije por tanto que lo que estaba viendo era probablemente un cometa. Hubo un largo silencio, seguido de la pregunta: ¿Y eso qué es? Un cometa respondí es una bola de nieve de una milla de ancho . Después de un largo silencio el borracho solicitó: Quiero hablar con un astrónomo de verdad. Cuando reaparezca en 1986 el cometa Halley me gustará saber qué dirigentes políticos se asustarán de la aparición, y qué otras estupideces nos tocará oír.

Los planetas se mueven en órbitas elípticas alrededor del Sol, pero sus órbitas no son *muy* elípticas. De entrada y a primera vista, son casi indistinguibles de un círculo. Son los cometas especialmente los cometas de largo período los que tienen órbitas espectacularmente elípticas. Los planetas son los veteranos del sistema solar interno; los cometas son recién llegados. ¿Por qué las órbitas planetarias son casi circulares y están netamente separadas unas de otras? Porque si los planetas tuvieran órbitas muy elípticas, de modo que sus trayectorias se cortasen, antes o después se produciría una colisión. En la historia inicial del sistema solar, hubo probablemente muchos planetas en proceso de formación. Los planetas cuyas órbitas elípticas se cruzaban tendieron a colisionar y a destruirse entre ellos. Los de órbitas circulares tendieron a crecer y a sobrevivir. Las órbitas de los planetas actuales son las órbitas de los supervivientes de esta selección natural mediante colisiones, la edad mediana y estable de un sistema solar dominado por impactos catastróficos iniciales.

En el sistema solar más exterior, en la oscuridad de más allá de los planetas, hay una vasta nube esférica de un billón de núcleos cometarios, orbitando al Sol no más rápidamente que un coche de carreras en las 500 millas de Indianápolis. 1 Un cometa más o menos típico tendría el aspecto de una bola gigante de nieve en

rotación, de un kilómetro de diámetro aproximadamente. La mayoría de los cometas nunca atraviesan el límite marcado por la órbita de Plutón. Pero en ocasiones el paso de una estrella provoca una agitación y conmoción gravitatorias en la nube cometaria, y un grupo de cometas se encuentra trasladado a órbitas muy elípticas y precipitándose hacia el Sol. Su recorrido sufre luego más variaciones por encuentros gravitatorios con Júpiter y Saturno, y una vez cada cien años más o menos tiende a emprender una carrera hacia el interior del sistema solar. En algún punto entre las órbitas de Júpiter y Marte empezará a calentarse y a evaporarse. La materia que sale expulsada de la atmósfera del Sol, el viento solar, transporta fragmentos de polvo y de hielo hacia detrás del cometa, formando una cola incipiente. Si Júpiter tuviera un metro de longitud nuestro cometa sería más pequeño que una mota de polvo, pero su cola una vez desarrollada del todo es tan grande como las distancias entre los mundos. Cuando está a una distancia que le hace visible desde la Tierra provoca, en cada una de sus órbitas, estallidos de fervor supersticioso entre los terrestres. Pero con el tiempo, los terrestres comprenden que los cometas no viven en la misma atmósfera que ellos, sino fuera, entre los planetas. Calculan luego su órbita. Y quizás un día no muy lejano lancen un pequeño vehículo espacial dedicado a investigar a este visitante del reino de las estrellas.

Los cometas, más tarde o más temprano, chocan con los planetas. La Tierra y su acompañante la Luna tienen que estar bombardeadas por cometas y por pequeños asteroides, los escombros que quedaron de la formación del sistema solar. Puesto que hay más objetos pequeños que grandes, tiene que haber más impactos de pequeños objetos que de grandes. El impacto de un pequeño fragmento cometario con la Tierra, como el de Tunguska, debería ocurrir una vez cada cien mil años aproximadamente. Pero el impacto de un cometa grande, como el cometa Halley, cuyo núcleo es quizás de veinte kilómetros de diámetro, debería ocurrir solamente una vez cada mil millones de años.

Cuando un objeto pequeño o de hielo colisiona con un planeta o una luna, quizás no produzca una cicatriz muy señalada. Pero si el objeto que hace impacto es mayor o está formado principalmente por rocas, se produce en el impacto una explosión que excava un cuenco hemisférico llamado cráter de impacto. Y si ningún proceso borra o rellena el cráter, puede durar miles de millones de años. En la Luna no hay casi erosión y cuando examinamos su superficie la encontramos cubierta con cráteres de impacto, en número muy superior al que puede explicar la dispersa población de residuos cometarios y asteroidales que ahora ocupa el sistema solar interior. La superficie de la Luna ofrece un elocuente testimonio de una etapa previa de la destrucción de mundos, que finalizó hace ya miles de millones de años. 1 Los cráteres de impacto no son exclusivos de la Luna. Los encontramos en todo el sistema solar interior; desde Mercurio, el más cercano al Sol, hasta Venus, cubierto de nubes, y hasta Marte con sus lunas diminutas, Fobos y Deimos. Éstos son los planetas terrestres, nuestra familia de mundos, los planetas más o menos parecidos a la Tierra. Tienen superficies sólidas, interiores formados por roca y hierro, y atmósferas que van desde el vacío casi total hasta presiones noventa veces superiores a las

de la Tierra. Se agrupan alrededor del Sol, la fuente de luz y calor, como excursionistas alrededor del fuego de campamento. Todos los planetas tienen unos 4 600 millones de años de edad. Todos ellos, al igual que la Luna, ofrecen testimonios elocuentes de una era de impactos catastróficos en la primitiva historia del sistema solar.

Más allá de Marte entramos en un régimen muy diferente: el reino de Júpiter y de otros planetas jovianos o gigantes. Se trata de mundos inmensos compuestos principalmente de hidrógeno y de helio, con menos cantidades de gases ricos en hidrógeno, como el metano, amoníaco y agua. No vemos aquí superficies sólidas, solamente la atmósfera y las nubes multicolores. Son planetas serios, no pequeños mundos fragmentarios como la Tierra. Dentro de Júpiter podría caber un millar de Tierras. Si en la atmósfera de Júpiter cayese un cometa o un asteroide, no esperaríamos que se formara un cráter visible, sino sólo un claro momentáneo entre las nubes. No obstante, sabemos también que en el sistema solar exterior ha habido una historia de colisiones que ha durado miles de millones de años; porque Júpiter tiene un gran sistema de más de una docena de lunas, cinco de las cuales fueron examinadas de cerca por la nave espacial Voyager. También aquí encontramos pruebas de catástrofes pasadas. Cuando el sistema solar esté totalmente explorado, probablemente tendremos pruebas de impactos catastróficos en todos los nueve mundos, desde Mercurio a Plutón, y en todas las pequeñas lunas, cometas y asteroides.

En la cara próxima de la Luna hay unos 10 000 cráteres visibles con el telescopio desde la Tierra. La mayoría de ellos están en antiguas montañas lunares y datan de la época de formación final de la Luna por acreción de escombros interplanetarios. Hay alrededor de un millar de cráteres mayores de un kilómetro de longitud en los *mapia* (en latín mares), las regiones bajas que quedaron inundadas, quizás por lava, poco tiempo después de su formación, cubriendo los cráteres preexistentes. Por lo tanto, los cráteres de la Luna deberían formarse hoy, de modo muy aproximado, a razón de 109 años/104 cráteres = 101 años/cráter, un intervalo de cien mil años entre cada fenómeno de craterización. Es posible que hubiera más escombros interplanetarios hace unos cuantos miles de millones de años que ahora, y quizás tendríamos que esperar más de cien mil años para poder ver la formación de un cráter en la Luna. La Tierra tiene un área mayor que la Luna, por lo tanto tendríamos que esperar unos diez mil años entre cada colisión capaz de crear en nuestro planeta cráteres de un kilómetro de longitud. Si tenemos en cuenta que el Cráter del Meteorito de Arizona, un cráter de impacto de un kilómetro aproximado de longitud, tiene treinta o cuarenta mil años de antigüedad, las observaciones en la Tierra concuerdan con estos cálculos tan bastos.

El impacto real de un cometa pequeño o de un asteroide con la Luna puede producir una explosión momentánea de brillo suficiente para que sea visible desde la Tierra. Podemos imaginarnos a nuestros antepasados mirando distraídamente hacia arriba una noche cualquiera de hace cien mil años y notando el crecimiento de una extraña nube en la parte de la Luna no iluminada, nube alcanzada de repente por los rayos del Sol. Pero no esperamos que un

acontecimiento tal haya sucedido en tiempos históricos. Las probabilidades en contra deben de ser como de cien a uno. Sin embargo hay un relato histórico que puede ser la descripción real de un impacto en la Luna visto desde la Tierra a simple vista: la tarde del 25 de junio de 1178, cinco monjes británicos contaron algo extraordinario, que después quedó registrado en la crónica de Gervasio de Canterbury, considerada generalmente como un documento fidedigno de los acontecimientos políticos y culturales de su tiempo: el autor interrogó a los testigos oculares quienes afirmaron, bajo juramento, decir la verdad de la historia. La crónica cuenta:

Había una brillante luna nueva, y como es habitual en esta fase sus cuernos estaban inclinados hacia el Este. De pronto el cuerno superior se abrió en dos. En el punto medio de la división emergió una antorcha flameante, que vomitaba fuego, carbones calientes y chispas.

Los astrónomos Derral Mulholland y Odile Calame han calculado que un impacto lunar produciría una nube de polvo emanando de la superficie de la Luna con un aspecto bastante similar al descrito por los monjes de Canterbury.

Si un impacto como ése se hubiera producido hace solamente 800 años, el cráter todavía sería visible. La erosión en la Luna es tan ineficaz, a causa de la ausencia de agua y de aire, que cráteres incluso pequeños que tienen ya unos cuantos miles de millones de años de edad se conservan relativamente bien. La descripción que Gervasio reproduce permite precisar el sector de la Luna al que se refieren las observaciones. Los impactos producen rayos, estelas lineales de polvo fino arrojado durante la explosión. Los rayos de este tipo están asociados con los cráteres más jóvenes de la Luna; por ejemplo, los que recibieron los nombres de Aristarco, Copérmico y Kepler. Pero si bien los cráteres pueden resistir la erosión en la Luna, los rayos, que son excepcionalmente finos, no pueden. A medida que pasa el tiempo, la llegada de micrometeoritos polvillo fino del espacio basta para, remover y cubrir los rayos, que desaparecen gradualmente. Por lo tanto los rayos son la firma de un impacto reciente.

El meteoricista Jack Hartung ha señalado que un cráter muy reciente, un cráter pequeño de aspecto nuevo con un prominente sistema de rayos está en la región de la Luna indicada por los monjes de Canterbury. Se le llamó Giordano Bruno, un estudioso católico del siglo dieciséis, que sostenía la existencia de una infinidad de mundos, muchos de ellos habitados. Por éste y por otros crímenes fue quemado en la hoguera el año 1600.

Calame y Mulholland han ofrecido otro tipo de pruebas consistentes con esta interpretación. Cuando un objeto choca con la Luna a gran velocidad, la hace oscilar ligeramente. Las vibraciones acaban amortiguándose pero no en un período tan breve de ochocientos años. Este temblor puede estudiarse con la técnica de las reflexiones por láser. Los astronautas del Apolo situaron en diversos lugares de la Luna espejos espaciales llamados retroreflectores de láser. Cuando un rayo de láser procedente de la Tierra incide en un espejo y vuelve de rebote, el tiempo que tarda en ir y volver puede calcularse con notable precisión. Este tiempo multiplicado por la velocidad de la luz nos da la distancia



de la Luna en ese momento con precisión igualmente notable. Tales mediciones, llevadas a cabo durante años, revelan que la Luna presenta una vibración o temblor con un período (tres años aproximadamente) y una amplitud (tres metros aproximados), que concuerda con la idea de que el cráter Giordano Bruno fue excavado hace menos de un millar de años.

Estas pruebas son deductivas e indirectas. Como ya he dicho, no es probable que un fenómeno así haya sucedido en tiempos históricos. Pero las pruebas son, por lo menos, sugestivas. También nos hace pensar, como el Acontecimiento de Tunguska y el Cráter del Meteorito de Arizona, que no todas las catástrofes por impacto ocurrieron en la historia primitiva del sistema solar. Pero el hecho de que solamente unos cuantos cráteres lunares tengan sistemas extensos de rayos también nos hace pensar que, incluso en la Luna, se produce cierta erosión. 1 Si tomamos nota de los cráteres que se superponen a otros y estudiamos otros signos de la estratigrafía lunar podremos reconstruir la secuencia de los fenómenos de impacto y de inundación, de las cuales la formación del cráter Bruno es quizás la más reciente. En la página 89 se ha intentado visualizar los sucesos que crearon la superficie del hemisferio lunar que vemos desde la Tierra.

La Tierra está muy cerca de la Luna. Si en la Luna los cráteres de impacto son tan numerosos, ¿cómo los ha evitado la Tierra? ¿Por qué el Cráter del Meteorito es tan extraño? ¿Piensan los cometas y los asteroides que es imprudente chocar con un planeta habitado? Tanto control es improbable. La única explicación posible es que los cráteres de impacto se formaron a ritmos muy similares tanto en la Tierra como en la Luna, pero que la falta de aire y de agua en la Luna ha permitido conservarlos durante períodos inmensos de tiempo, mientras que en la Tierra la lenta erosión los borra o los rellena. Las corrientes de agua, el arrastre, de arena por el viento, y la formación de montañas son procesos muy lentos. Pero al cabo de millones o de miles de millones de años, son capaces de dejar totalmente erosionadas cicatrices de impactos incluso muy grandes.

En la superficie de cualquier luna o planeta, habrá procesos externos, como los impactos procedentes del espacio, y procesos internos, como los terremotos; habrá fenómenos rápidos y catastróficos, como explosiones volcánicas, y procesos de una lentitud acusadísima, como la formación de hoyuelos en una superficie por algunos granos de arena llevados por el viento. No hay una respuesta general que permita saber qué procesos dominan, los exteriores o los interiores, los fenómenos raros pero violentos, o los comunes y poco visibles. En la Luna los fenómenos exteriores, catastróficos, influyen poderosamente; en la Tierra dominan los procesos internos, lentos. Marte es un caso intermedio.

Entre las órbitas de Marte y de Júpiter hay incontables asteroides, planetas terrestres diminutos. Los más grandes tienen varios cientos de kilómetros de diámetro. Muchos tienen formas oblongas y van dando tumbos a través del espacio. En algunos casos parecen haber dos o más asteroides orbitando el uno muy cerca del otro. Las colisiones entre los asteroides suceden con frecuencia, y en ocasiones se desprende un pequeño fragmento que intercepta accidentalmente la Tierra, y cae al suelo como un meteorito. En las

exposiciones, en las vitrinas de nuestros museos están los fragmentos de mundos lejanos. El cinturón de asteroides es una gran rueda de molino, que produce piezas cada vez más pequeñas hasta ser simples motas de polvo. Los fragmentos asteroidales mayores, junto con los cometas, son los principales responsables de los cráteres recientes en las superficies planetarias. Es posible que el cinturón de asteroides sea un lugar en donde las mareas gravitatorias del cercano planeta gigante Júpiter impidieron que llegara a formarse un planeta; o quizás son los restos destrozados de un planeta que explotó por sí solo. Esto parece improbable, pues ningún científico en la Tierra sabe de qué manera podría explotar un planeta por sí solo, lo cual probablemente dé lo mismo.

Los anillos de Saturno guardan algún parecido con el cinturón de asteroides: billones de diminutas lunas heladas orbitando el planeta. Pueden representar los escombros que la gravedad de Saturno no dejó convertirse por acreción en una luna cercana, o puede que sean los restos de una luna que deambulaba demasiado próxima y que fue despedazada por las mareas gravitatorias. Otra explicación es que los anillos sean la posición de equilibrio estático entre el material expulsado por una luna de Saturno, por ejemplo Titán, y el material que cae en la atmósfera del planeta. Júpiter y Urano también tienen sistemas de anillos, no descubiertos hasta hace poco, y casi invisibles desde la Tierra. La posible existencia de un anillo en Neptuno es un problema prioritario en la agenda de los científicos planetarios. Es posible que los anillos sean un típico adorno de los planetas de tipo joviano en todo el Cosmos.

Un libro popular, *Mundos en colisión*, publicado en 1950 por un siquiatra llamado Immanuel Velikovsky, afirma que ha habido grandes colisiones recientes desde Saturno hasta Venus. Según el autor, un objeto de masa planetario, que él llama cometa, se habría formado de alguna manera en el sistema de Júpiter. Hace unos 3 500 años se precipitó hacia el sistema solar interior y tuvo repetidos encuentros con la Tierra y Marte, consecuencias accidentales de los cuales fueron la división del Mar Rojo que permitió a Moisés y a los israelitas escapar del Faraón, y el cese de la rotación de la Tierra por orden de Josué. También produjo, según Velikovsky, vulcanismos y diluvios importantes. Velikovsky imagina que el cometa, después de un complicado juego de billar interplanetario, quedó instalado en una órbita estable, casi circular, convirtiéndose en el planeta Venus, planeta que, según él, no había existido antes.

Estas ideas son muy probablemente equivocadas, como ya he discutido con una cierta extensión en otro lugar. Los astrónomos no se oponen a la idea de grandes colisiones, sino a la de grandes *colisiones recientes*. En cualquier modelo del sistema solar es imposible mostrar el tamaño de los planetas a la misma escala que sus órbitas, porque los planetas serían entonces tan pequeños que apenas se verían. Si los planetas aparecieran realmente a escala, como granos de polvo, comprenderíamos fácilmente que la posibilidad de colisión de un determinado cometa con la Tierra en unos pocos miles de años es extraordinariamente baja. Además, Venus es un planeta rocoso, metálico, pobre en hidrógeno. No hay fuentes de energía para poder expulsar de Júpiter cometas o planetas. Si uno de ellos pasara por la Tierra no podría detener la rotación de

la Tierra, y mucho menos ponerla de nuevo en marcha al cabo de veinticuatro horas. Ninguna prueba geológica apoya la idea de una frecuencia inusual de vulcanismo o de diluvios hace 3 500 años. En Mesopotamia hay inscripciones referidas a Venus de fecha anterior a la época en que Velikovsky dice que Venus pasó de cometa a planeta. 1 Es muy improbable que un objeto con una órbita tan elíptica pudiera pasar con rapidez a la órbita actual de Venus, que es un círculo casi perfecto. Etcétera.

Muchas hipótesis propuestas tanto por científicos como por no científicos resultan al final erróneas. Para ser aceptadas, todas las ideas nuevas deben superar normas rigurosas de evidencia. Lo peor del caso Velikovsky no es que su hipótesis fuera errónea, o estuviese en contradicción con los hechos firmemente establecidos, sino que ciertas personas que se llamaban a sí mismas científicos intentaron suprimir el trabajo de Velikovsky. La ciencia es una creación del libre examen, y a él está consagrada: toda hipótesis, por extraña que sea, merece ser considerada en lo que tiene de meritorio. La eliminación de ideas incómodas puede ser normal en religión y en política, pero no es el camino hacia el conocimiento; no tiene cabida en la empresa científica. No sabemos por adelantado quién dará con nuevos conceptos fundamentales.

Venus tiene casi la misma masa, 6 el mismo tamaño y la misma densidad que la Tierra. Al ser el planeta más próximo a nosotros, durante siglos se le ha considerado como hermano de la Tierra. ¿Cómo es en realidad nuestro planeta hermano? ¿Puede que al estar algo más cerca del Sol sea un planeta suave, veraniego, un poco más cálido que la Tierra? ¿Posee cráteres de impacto, o los eliminó todos la erosión? ¿Hay volcanes? ¿Montañas? ¿Océanos? ¿Vida?

La primera persona que contempló Venus a través del telescopio fue Galileo en 1609. Vio un disco absolutamente uniforme. Galileo observó que presentaba, como la Luna, fases sucesivas, desde un fino creciente hasta un disco completo, y por la misma razón que ella: a veces vemos principalmente el lado nocturno de Venus y otras el lado diurno; digamos también que este descubrimiento reforzó la idea de que la Tierra gira alrededor del Sol y no al revés. A medida que los telescopios ópticos aumentaban de tamaño y que mejoró su resolución (la capacidad para distinguir detalles finos), fueron sistemáticamente orientados hacia Venus. Pero no lo hicieron mejor que el de Galileo. Era evidente que Venus estaba cubierto por una densa capa de nubes que impiden la visión. Cuando contemplamos el planeta en el cielo matutino o vespertino, estamos viendo la luz del Sol reflejada en las nubes de Venus. Pero después de su descubrimiento y durante siglos, la composición de esas nubes fue totalmente desconocida.

La ausencia de algo visible en Venus llevó a algunos científicos a la curiosa conclusión de que su superficie era un pantano, como la de la Tierra en el período carbonífero. El argumento suponiendo que se merezca este calificativo era más o menos el siguiente: No puedo ver nada en Venus. ¿Por qué? Porque Venus está totalmente cubierto de nubes. ¿De que' están formadas las nubes? De agua, por supuesto.

Entonces, ¿por qué son las nubes de Venus más espesas que las de la Tierra?

Porque allí hay más agua.

Pues si hay más agua en las nubes también habrá más agua en la superficie. ¿Qué tipo de superficies son muy húmedas?

Los pantanos.

Y si hay pantanos, ¿no puede haber también en Venus cícadas y libélulas y hasta dinosaurios? Observación: No podía verse absolutamente nada en Venus. Conclusión: El planeta tenía que estar cubierto de vida. Las nubes uniformes de Venus reflejaban nuestras propias predisposiciones. Nosotros estamos vivos y nos excita la posibilidad de que haya vida en otros lugares. Pero sólo un cuidadoso acopio y valoración de datos puede decirnos qué mundo determinado está habitado. En el caso de Venus nuestras predisposiciones no quedan complacidas.

La primera pista real sobre la naturaleza de Venus se obtuvo trabajando con un prisma de vidrio o con una superficie plana, llamada red de difracción, en la que se ha grabado un conjunto de líneas finas, regularmente espaciadas. Cuando un haz intenso de luz blanca y corriente pasa a través de una hendidura estrecha y después atraviesa un prisma o una red, se esparce formando un arco iris de colores, llamado espectro. El espectro se extiende desde las frecuencias altas 1 de la luz visible hasta las bajas: violeta, azul, verde, amarillo, anaranjado y rojo. Como estos colores pueden verse, se les llamó el espectro de la luz visible. Pero hay mucha más luz que la del pequeño segmento del espectro que alcanzamos a ver. En las frecuencias más altas, debajo del violeta, existe una parte del espectro llamada ultravioleta: es un tipo de luz perfectamente real, portadora de muerte para los microbios. Para nosotros es invisible, pero la detectan con facilidad los abejorros y las células fotoeléctricas, En el mundo hay muchas más cosas de las que vemos.

Debajo del ultravioleta está la parte de rayos X del espectro, y debajo de los rayos X están los rayos gamma. En las frecuencias más bajas, al otro lado del rojo, está la parte infrarrojo del espectro. Se descubrió al colocar un termómetro sensible en una zona situada más allá del rojo, en la cual de acuerdo con nuestra vista hay oscuridad: la temperatura del termómetro aumentó. Caía luz sobre el termómetro, aunque esta luz fuera invisible para nuestros ojos. Las serpientes de cascabel y los semiconductores contaminados detectan perfectamente la radiación infrarrojo. Debajo del infrarrojo está la vasta región espectral de las ondas de radio. Todos estos tipos, desde los rayos gamma hasta las ondas de radio, son igualmente respetables. Todos son útiles en astronomía. Pero a causa de las limitaciones de nuestros ojos tenemos un prejuicio en favor, una propensión hacia esa franja fina de arco iris que llamamos el espectro de luz visible.

En 1844, el filósofo Auguste Comte estaba buscando un ejemplo de un tipo de conocimiento que siempre estaría oculto. Escogió la composición de las estrellas y de los planetas lejanos. Pensó que nunca los podríamos visitar físicamente, y que al no tener en la mano muestra alguna de ellos, nos veríamos privados para siempre de conocer su composición. Pero a los tres años solamente de la muerte de Comte, se descubrió que un espectro puede ser

utilizado para determinar la composición química de los objetos distantes. Diferentes moléculas o elementos químicos absorben diferentes frecuencias o colores de luz, a veces en la zona visible y a veces en algún otro lugar del espectro. En el espectro de una atmósfera planetario, una línea oscura aislada representa una imagen de la endidura en la que falta luz: la absorción de luz solar durante su breve paso a través del aire de otro mundo. Cada tipo de línea está compuesta por una clase particular de moléculas o átomos. Cada sustancia tiene su firma espectral característica. Los gases en Venus pueden ser identificados desde la Tierra, a 60 millones de kilómetros de distancia. Podemos adivinar la composición del Sol (en el cual se descubrió por primera vez el helio, nombrado a partir de Helios, el dios griego del Sol); la composición de estrellas magnéticas A ricas en europio; de galaxias lejanas analizadas a partir de la luz que envían colectivamente los cien mil millones de estrellas integrantes. La astronomía espectroscópica es una técnica casi mágica. A mí aún me asombra. Auguste Comte escogió un ejemplo especialmente inoportuno.

Si Venus estuviera totalmente empapado resultaría fácil ver las líneas de vapor de agua en su espectro. Pero las primeras observaciones espectroscópicas, intentadas en el observatorio de Monte Wilson hacia 1920, no descubrieron ni un indicio, ni un rastro de vapor de agua sobre las nubes de Venus, sugiriendo la presencia de una superficie árida, como un desierto, coronada por nubes en movimiento de polvo fino de silicato. Estudios posteriores revelaron la existencia de enormes cantidades de dióxido de carbono en la atmósfera, con lo que algunos científicos supusieron que toda el agua del planeta se había combinado con hidrocarburos para formar dióxido de carbono, y que por tanto la superficie de Venus era un inmenso campo petrolífero, un mar de petróleo que abarcaba todo el planeta. Otros llegaron a la conclusión de que la ausencia de vapor de agua sobre las nubes se debía a que las nubes estaban muy frías y toda el agua se había condensado en forma de gotitas, que no presentan la misma estructura de línea espectrales que el vapor de agua. Sugirieron que el planeta estaba totalmente cubierto de agua, a excepción quizás de alguna que otra isla incrustada de caliza, como los acantilados de Dover. Pero a causa de las grandes cantidades de dióxido de carbono presentes en la atmósfera, el mar no podía ser de agua normal; la química física exigía que el agua fuese carbónico. Venus, proponían ellos, tenía un vasto océano de seltz.

El primer indicio sobre la verdadera situación del planeta no provino de los estudios espectroscópicos en la parte visible del espectro o en la del infrarrojo cercano, sino más bien de la región de radio. Un radiotelescopio funciona más como un fotómetro que como una cámara fotográfica. Se apunta hacia una región bastante extensa del cielo y registra la cantidad de energía, en una frecuencia de radio dada, que llega a la Tierra. Estamos acostumbrados a las señales de radio que transmiten ciertas variedades de vida inteligente, a saber, las que operan las estaciones de radio y televisión. Pero hay otras muchas razones para que los objetos naturales emitan ondas de radio. Una de ellas es que estén calientes. Cuando en 1956 se enfocó hacia Venus un radiotelescopio primitivo, se descubrió que el planeta emitía ondas de radio como si estuviera a

una temperatura muy alta. Pero la demostración real de que la superficie de Venus es impresionantemente caliente se obtuvo cuando la nave espacial soviética de la serie Venera penetró por primera vez en las nubes oscurecedoras y aterrizó sobre la misteriosa e inaccesible superficie del planeta más próximo. Resultó que Venus está terriblemente caliente. No hay pantanos, ni campos petrolíferos ni océanos de seltz. Con datos insuficientes es fácil equivocarse.

Cuando yo saludo a una amiga la veo reflejada en luz visible, generada, por ejemplo, por el Sol o por una lámpara incandescente. Los rayos de luz rebotan en mi amiga y entran en mis ojos. Pero los antiguos, incluyendo una figura de la categoría de Euclides, creían que veíamos gracias a rayos que el ojo emitía de algún modo y que entraban en contacto de modo tangible y activo con el objeto observado. Ésta es una noción natural que aún persiste, aunque no explica la invisibilidad de los objetos de una habitación oscura. Hoy en día combinamos un láser y una fotocélula, o un transmisor de radar y un radiotelescopio, y de este modo realizamos un contacto activo por luz con objetos distantes. En la astronomía por radar, un telescopio en la Tierra transmite ondas de radio, las cuales chocan, por ejemplo, con el hemisferio de Venus que en este momento está mirando hacia la Tierra, y después de rebotar vuelven a nosotros. En muchas longitudes de onda, las nubes y la atmósfera de Venus son totalmente transparentes para las ondas de radio. Algunos puntos de la superficie las absorberán, o si son muy accidentadas las dispersarán totalmente, y de este modo aparecerán oscuras a las ondas de radio. Al seguir los rasgos de la superficie que se iban moviendo de acuerdo con la rotación de Venus, se pudo determinar por primera vez con seguridad la longitud de su día: el tiempo que tarda Venus en dar una vuelta sobre su eje. Resultó que Venus gira, con respecto a las estrellas, una vez cada 243 días terrestres, pero lo hace hacia atrás, en dirección opuesta a la de los demás planetas del sistema solar interior. Por consiguiente, el Sol nace por el oeste y se pone por el este, tardando de alba a alba 118 días terrestres. Es más, cada vez que está en el punto más próximo a nuestro planeta, presenta a la tierra casi exactamente la misma cara. La gravedad de la Tierra consiguió de algún modo forzar a Venus para que tuviera esta rotación coordinado con nuestro planeta, y este proceso no pudo ser un proceso rápido. Venus no podía pues tener unos pocos miles de años, sino que debía ser tan viejo como los demás objetos del sistema solar interior.

Se han obtenido imágenes de radar de Venus, algunas con telescopios de radar instalados en la tierra, otras desde el vehículo Pioneer Venus en órbita alrededor de aquel planeta. Estas imágenes contienen fuertes pruebas de la presencia de cráteres de impacto. El número de cráteres ni demasiado grandes ni demasiado pequeños presentes en Venus es el mismo existente en las altiplanicies lunares, y su número nos vuelve a confirmar que Venus es muy viejo. Pero los cráteres de Venus son notablemente superficiales, como si las altas temperaturas de la superficie hubieran producido un tipo de roca que fluyese en largos periodos de tiempo, como caramelo o masilla, suavizando gradualmente los relieves. Hay grandes altiplanicies, el doble de altas que las mesetas tibetanas, un inmenso valle de dislocación, posiblemente volcanes gigantes y una montaña tan alta

como el Everest. Vemos ya ante nosotros un mundo que antes las nubes ocultaban totalmente; y sus rasgos característicos han sido explorados por primera vez con el radar y con los vehículos espaciales.

Las temperaturas en la superficie de Venus, deducidas por la radioastronomía y confirmadas por mediciones directas realizadas con naves espaciales, son de unos 480 °C, más altas que las del horno casero más caliente. La correspondiente presión en la superficie es de 90 atmósferas, 90 veces la presión que sentimos debido a la atmósfera de la Tierra, y equivalente al peso del agua a un kilómetro de profundidad bajo los océanos. Para que un vehículo espacial pueda sobrevivir largo tiempo en Venus, tiene que estar refrigerado y además tiene que estar construido como un sumergible de gran profundidad.

Cerca de una docena de vehículos espaciales de la Unión Soviética y de los Estados Unidos han entrado en la densa atmósfera de Venus y han atravesado sus nubes; unos pocos han sobrevivido realmente durante casi una hora en su superficie. 1 Dos naves espaciales de la serie soviética Venera tomaron fotografías en su superficie. Sigamos los pasos de estas misiones exploradoras y visitemos otro mundo.

Las nubes ligeramente amarillentas pueden distinguirse en la luz visible y corriente, pero como Galileo observo por primera vez, no muestran prácticamente ningún rasgo. Sin embargo, si las cámaras captan el ultravioleta, vemos un elegante y complejo sistema meteorológico en rotación dentro de la alta atmósfera, con unos vientos que van aproximadamente a 100 metros por segundo, unos 360 kilómetros por hora. La atmósfera de Venus se compone de un 96% de dióxido de carbono. Hay pequeños rastros de nitrógeno, de vapor de agua, de argón, de monóxido de carbono y de otros gases, pero la proporción de hidrocarburos o de carbonos hidratados es menor a un 0,1 por cada millón. Las nubes de Venus resultan ser en su mayor parte una solución concentrada de ácido sulfúrico. También aparecen pequeñas cantidades de ácido clorhídrico y de ácido fluorhídrico. Aunque uno se sitúe entre sus nubes altas y frías, Venus resulta ser un lugar terriblemente desagradable.

Muy por encima de la superficie de las nubes visibles, a unos 70 km. de altitud, hay una continua neblina de pequeñas partículas. A 60 kilómetros nos sumergimos dentro de la nube y nos encontramos rodeados por gotitas de ácido sulfúrico concentrado. A medida que vamos descendiendo, las partículas de las nubes tienden a hacerse más grandes. En la atmósfera inferior quedan sólo restos del gas acerbo, es decir del dióxido sulfúrico,  $\text{SO}_2$ . Este gas circula sobre las nubes, es descompuesto por la luz ultravioleta del Sol, se recombina allí con agua formando ácido sulfúrico, el cual a su vez se condensa en gotitas, se deposita, y a altitudes más bajas se descompone por el calor en  $\text{SO}_2$  y en agua otra vez, completando así el ciclo. En Venus, en todo el planeta, siempre está lloviendo ácido sulfúrico, y nunca una gota alcanza la superficie.

La niebla teñida de sulfúrico se extiende hacia abajo hasta unos 45 kilómetros de la superficie de Venus; a esta altura emergemos en una atmósfera densa pero cristalina. Sin embargo, la presión atmosférica es tan alta que no podemos ver la superficie. La luz del Sol rebota en todas las moléculas atmosféricas hasta que

perdemos toda imagen de la superficie. Allí no hay polvo, ni nubes, sólo una atmósfera que se hace palpablemente cada vez más densa. Las nubes que cubren el cielo transmiten bastante luz solar, aproximadamente la misma que en un día encapotado de la Tierra.

Venus, con su calor abrasador, con sus presiones abrumadoras, con sus gases nocivos, y con ese brillo rojizo y misterioso que impregna todas las cosas, parece menos la diosa del amor que la encarnación del infierno. Por lo que hemos podido descubrir hasta ahora, hay por lo menos en algunos lugares de la superficie campos cubiertos con un conjunto irregular de rocas desgastadas, un paisaje estéril y hostil, amenazado ocasionalmente por los restos erosionados de un pecio espacial procedente de un planeta lejano, absolutamente invisible a través de aquella atmósfera espesa, nebulosa e invisible.

Venus es una especie de catástrofe a nivel planetario. Parece bastante claro actualmente que la alta temperatura de su superficie se debe a un efecto de invernadero a gran escala. La luz solar atraviesa la atmósfera y las nubes de Venus, que son semitransparentes a la luz visible, y alcanza la superficie. La superficie, que se ha calentado, trata de irradiar de nuevo este calor hacia el espacio. Pero al ser Venus mucho más frío que el Sol emite radiaciones principalmente en el infrarrojo, y no en la región visible del espectro. Sin embargo, el dióxido de carbono y el vapor de agua de la atmósfera de Venus son casi perfectamente opacos a la radiación infrarrojo; el calor del Sol queda atrapado eficazmente, y la temperatura de la superficie aumenta hasta que la pequeña cantidad de radiación infrarrojo que escapa poco a poco de su enorme atmósfera equilibra la luz solar absorbida en la atmósfera inferior y en la superficie.

Nuestro mundo vecino resulta ser un lugar triste y desagradable. Pero volveremos a Venus. Es un planeta fascinante por propio derecho. Al fin y al cabo, muchos héroes míticos de la mitología griega y nórdica, hicieron esfuerzos famosos y reconocidos para visitar el infierno. También hay mucho que aprender sobre nuestro planeta, que es un cielo relativo, comparado con el infierno.

La Esfinge, mitad persona y mitad león, fue construida hace más de 5 500 años. Los rasgos de su rostro estaban esculpidos de modo preciso y neto. Ahora están limados y desdibujados por las tormentas de arena del desierto egipcio y por las lluvias ocasionales de miles de años. En la ciudad de Nueva York hay un obelisco llamado la Aguja de Cleopatra, procedente de Egipto. Sólo ha pasado un centenar de años en el Central Park de la ciudad y sus inscripciones se han borrado casi totalmente a causa del humo y de la polución industrial; una erosión química como la existente en la atmósfera de Venus. La erosión en la Tierra destruye la información lentamente, pero es un proceso gradual el choque de una gota de agua, el pinchazo de un grano de arena que puede pasarse por alto. Las grandes estructuras, como las cordilleras montañosas, sobreviven decenas de millones de años; los cráteres de impacto más pequeños, quizás un centenar de miles de años; 11 las construcciones humanas de gran escala solamente unos miles de años. La destrucción no sólo se da a través de una erosión de este tipo, lenta y uniforme, sino también por grandes y pequeñas catástrofes. La



**Esfinge ha perdido la nariz. Alguien disparó sobre ella en un momento de ociosa profanación: unos dicen que fueron los turcos mamelucos, otros los soldados napoleónicos.**

**En Venus, en la Tierra y en algún lugar más del sistema solar, hay pruebas de destrucciones catastróficas, atemperadas o superadas por procesos más lentos, más uniformes: en la Tierra, por ejemplo, la lluvia, que se canaliza en arroyuelos, riachuelos y ríos, y crea inmensas cuencas aluviales; en Marte, los restos de antiguos ríos que surgieron quizás del interior del suelo; en lo, una luna de Júpiter, parece que hay amplios canales excavados por el flujo de azufre líquido. En la Tierra hay poderosos sistemas meteorológicos, como también en la alta atmósfera de Venus y de Júpiter. Hay tormentas de arena en la Tierra y en Marte; hay relámpagos en Júpiter, en Venus y en la Tierra. L<)s volcanes proyectan residuos sólidos en las atmósferas de lo y de la Tierra. Los procesos geológicos internos deforman lentamente las superficies de Venus, de Marte, de Ganímedes y de Europa, al igual que en la Tierra. Los glaciares, proverbiales por su lentitud, remodelan en gran escala los paisajes de la Tierra y probablemente también los de Marte. No es necesario que estos procesos sean constantes en el tiempo. Antaño, la mayor parte de Europa estuvo cubierta por el hielo. Hace unos cuantos millones de años el lugar donde hoy se encuentra la ciudad de Chicago estaba sepultado bajo tres kilómetros de hielo. En Marte, y en los demás cuerpos de] sistema solar, vemos características que no podrían producirse hoy en día, paisajes trabajados hace cientos de miles o de millones de años, cuando el clima planetario era probablemente muy diferente.**

**Hay un factor adicional que puede alterar el paisaje y el clima de la Tierra: la vida inteligente, capaz de realizar cambios ambientales en gran escala. Al igual que Venus, también la Tierra tiene un efecto de invernadero debido a su dióxido de carbono y a su vapor de agua. La temperatura global de la Tierra estaría per debajo del punto de congelación del agua si no fuese por el efecto de invernadero, que mantiene los océanos líquidos y hace posible la vida. Un pequeño invernadero es buena cosa. La Tierra tiene, al igual que Venus, unas 90 atmósferas de dióxido de carbono, pero no en la atmósfera sino incluido en la corteza en forma de rocas calizas y de otros carbonatos. Bastaría con que la Tierra se trasladara un poco más cerca del Sol, para que la temperatura aumentara ligeramente. El calor extraería algo de Co<sub>2</sub> de las rocas superficiales, generando un efecto más intenso de invernadero que a su vez calentaría de modo incrementar la superficie. Una superficie más caliente vaporizaría aún más los carbonatos y daría más Co<sub>2</sub>, con la posibilidad de que el efecto de invernadero se disparara hasta temperaturas muy altas. Esto es exactamente lo que pensamos que sucedió en las primeras fases de la historia de Venus, debido a la proximidad de Venus con el Sol. El medio ambiente de la superficie de Venus es una advertencia: algo desastroso puede ocurrirle a un planeta bastante parecido al nuestro.**

**Las principales fuentes de energía de nuestra actual civilización industrial son los llamados carburantes fósiles. Utilizamos como combustible madera y petróleo, carbón y gas natural, y en el proceso se liberan al aire gases de**

desecho, principalmente CO<sub>2</sub>. En consecuencia el dióxido de carbono contenido en la Tierra está aumentando de un modo espectacular. La posibilidad de que se dispare el efecto de invernadero sugiere que tenemos que ir con cuidado: incluso un aumento de uno o dos grados en la temperatura global podría tener consecuencias catastróficas. Al quemar carbón, petróleo y gasolina, también introducimos ácido sulfúrico en la atmósfera. Ahora mismo nuestra estratosfera posee, al igual que Venus, una neblina considerable de diminutas gotas de ácido sulfúrico. Nuestras grandes ciudades están contaminadas con moléculas nocivas. No comprendemos los efectos que tendrán a largo plazo todas estas actividades.

Pero también hemos estado perturbando el clima en el sentido opuesto. Durante cientos de miles de años los seres humanos han estado quemando y talando los bosques, y llevando a los animales domésticos a pastar y a destruir las praderas. La agricultura intensiva, la deforestación industrial de los trópicos y el exceso de pastoreo son hoy desenfrenados. Pero los bosques son más oscuros que las praderas, y las praderas lo son más que los desiertos. Como consecuencia, la cantidad de luz solar absorbida por el suelo ha ido disminuyendo y los cambios en la utilización del suelo han hecho bajar temperatura de la superficie de nuestro planeta. Es posible que este enfriamiento aumente el tamaño del casquete de hielo polar, el cual con su brillo reflejará aún más la luz solar desde la Tierra, enfriando aún más el planeta y disparando un efecto de albedo.

Nuestro encantador planeta azul, la Tierra, es el único hogar que conocemos. Venus es demasiado caliente, Marte es demasiado frío. Pero la Tierra está en el punto justo, y es un paraíso para los humanos. Fue aquí, al fin y al cabo, donde evolucionamos. Pero nuestro agradable clima puede ser inestable. Estamos perturbando nuestro propio planeta de un modo serio y contradictorio. ¿Existe el peligro de empujar el ambiente de la Tierra hacia el infierno planetario de Venus o la eterna era glacial de Marte? La respuesta sencilla es que nadie lo sabe. El estudio del clima global, la comparación de la Tierra con otros mundos, son materias que están en sus primeras bases de desarrollo. Son especialidades subvencionadas con escasez y de mala gana. En nuestra ignorancia continuamos el actual tira y afloja, continuamos contaminando la atmósfera y abrigando el terreno, sin damos cuenta de que las consecuencias a largo plazo son en su mayor parte desconocidas.

Hace unos cuantos millones de años, cuando los seres humanos comenzaron a evolucionar en la Tierra, era ya éste un mundo de media edad, a 4 600 millones de años de distancia de las catástrofes e impetuosidades de su juventud. Pero ahora los humanos representamos un factor nuevo y quizás decisivo. Nuestra inteligencia y nuestra tecnología nos han dado poder para afectar el clima. ¿Cómo utilizaremos este poder? ¿Estamos dispuestos a tolerar la ignorancia y la complacencia en asuntos que afectan a toda la familia humana? ¿Valoramos por encima del bienestar de la Tierra las ventajas a corto plazo? ¿O pensaremos en escalas mayores de tiempo, preocupándonos por nuestros hijos y por nuestros nietos, intentando comprender y proteger los complejos sistemas que sostienen

la vida en nuestro planeta? La Tierra es un mundo minúsculo y frágil. Hay que tratarlo con cariño.

## Capítulo 5.

### Blues para un planeta rojo.

En los huertos de los dioses, contempla los canales...

*Enuma Elish, Sumer, hacia 2 500 a. de C.*

Un hombre que opine como Copérmico, que esta Tierra nuestra es un planeta conducido alrededor de] Sol y alumbrado por él como los demás, no podrá evitar que le asalte alguna vez la fantasía... de que el resto de los planetas tienen su propio vestido y su mobiliario, incluso unos habitantes, al igual que esta Tierra nuestra... Pero siempre podíamos concluir diciendo que no valía la pena examinar lo que la naturaleza se había complacido en hacer allí, ya que no había probabilidad alguna de llegar alguna vez al final del examen... Pero hace poco, estaba yo pensando bastante seriamente sobre este tema (y no es que me considere un observador más fino que aquellos grandes hombres [del pasado], sino que he tenido la suerte de vivir después que la mayoría de ellos), cuando pensé que este examen no era tan impracticable ni el camino tan lleno de dificultades, sino que dejaba un margen muy bueno para posibles conjeturas.

CHRISTIAAN HUYGENS, *Nuevas conjeturas referentes a los mundos planetarios, sus habitantes y sus producciones*, hacia 1690.

Llegará un tiempo en que los hombres serán capaces de ampliar su mirada... y podrán ver los planetas como nuestra propia Tierra.

CHRISTOPHER WREN, *Discurso inaugural*, Gresham College, 1657.

HACE MUCHOS AÑOS, según reza la historia, un célebre editor de periódicos envió un telegrama a un astrónomo destacado: *Telegrafía inmediatamente quinientas palabras sobre posible existencia vida en Marte*. El astrónomo respondió obedientemente: *Lo ignoramos, lo ignoramos, lo ignoramos...* 250 veces. Pero a pesar de esta confesión de desconocimiento, declarada con obstinada insistencia por un experto, nadie prestó ninguna atención, y desde entonces hasta ahora, se han escuchado opiniones autorizadas de personas que piensan haber deducido la existencia de vida en Marte, y de personas que consideran haber eliminado esta posibilidad. Algunos desean fervorosamente que haya vida en Marte, otros con la misma fuerza desean que no haya vida en Marte. En ambos bandos ha habido excesos. Estas fuertes pasiones han

desgastado en cierto modo la tolerancia hacia la ambigüedad, que es esencial en la ciencia. Parece haber mucha gente que lo único que quiere es obtener una respuesta, cualquier respuesta, y que por eso evita el problema de contar con dos posibilidades simultáneas que se excluyen mutuamente. Algunos científicos creyeron que Marte estaba habitado basándose en lo que luego resultaron ser pruebas poco consistentes. Otros concluyeron que el planeta carecía de vida al fracasar o dar un resultado ambiguo la búsqueda de alguna manifestación particular de vida. Los azules del blues han sonado más de una vez para el planeta rojo

¿Por qué marcianos? ¿Por qué tantas especulaciones vehementes y tantas fantasías desbocados sobre los marcianos, y no por ejemplo, sobre los saturnianos o plutonianos? Pues porque Marte parece, a primera vista, muy semejante a la Tierra. Es el planeta más próximo con una superficie visible. Hay casquetes polares de hielo, blancas nubes a la deriva, furiosas tormentas de arena, rasgos que cambian estacionalmente en su superficie roja, incluso un día de veinticuatro horas. Es tentador considerarlo un mundo habitado. Marte se ha convertido en una especie de escenario mítico sobre el cual proyectamos nuestras esperanzas y nuestros temores terrenales. Pero las predisposiciones psicológicas en pro y en contra no deben engañarnos. Lo importante son las pruebas y las pruebas todavía faltan. El Marte real es un mundo de maravillas. Sus perspectivas futuras nos intrigan más que el conocimiento de su pasado. En nuestra época hemos escudriñado las arenas de Marte, hemos afirmado allí una presencia, hemos dado satisfacción a un siglo de sueños.

Nadie hubiese creído en los últimos años del siglo diecinueve que este mundo estaba siendo observado intensa y atentamente por inteligencias mayores que la del hombre y sin embargo tan mortales como él, que mientras los hombres se ocupaban de sus asuntos estaban siendo escudriñados y estudiados, quizás con el mismo detenimiento con que un hombre examina en su microscopio los seres efímeros que pululan y se multiplican en una gota de agua. Los hombres, con una complacencia infinita, se movían ajetreados por este globo en pos de sus insignificantes negocios, tranquilos y seguros de dominar la materia. Es posible que los infusorios bajo el microscopio hagan lo mismo. Nadie se detuvo un momento a considerar los mundos más antiguos del espacio como fuentes de peligro para el hombre, o si alguien pensó en ellos se limitó a juzgar imposible o improbable la idea de que hubiese vida en ellos. Resulta curioso recordar ahora algunos de los hábitos mentales de aquellos días ya pasados. Los hombres terrestres imaginaban, como mucho, que podría haber otros hombres en Marte, quizás inferiores a ellos y dispuestos a aceptar una empresa misionera. Sin embargo, a través de los abismos del espacio, unas mentes que son a las nuestras lo que éstas son a las bestias percederas, intelectos amplios, fríos y carentes de compasión, contemplaban con ojos envidiosos esta Tierra, y trazaban de modo lento y seguro sus planes contra nosotros.

Estas primeras líneas de la obra clásica de ciencia ficción *La guerra de los mundos* de H. G. Wells, escrita en 1897, todavía hoy conservan su obsesivo poder. 1 Durante toda nuestra historia ha existido el temor o la esperanza de que

hubiese vida más allá de la Tierra. En los últimos cien años esta premonición se ha enfocado en un punto de luz rojo y brillante del cielo nocturno. Tres años antes de que se publicara *La guerra de los mundos*, un bostoniano llamado Percival Lowell fundó un importante observatorio de donde salieron las más elaboradas declaraciones a favor de la existencia de vida en Marte. Lowell se interesó de joven por la astronomía, marchó a Harvard, consiguió un puesto semioficial de diplomático en Corea, y se dedicó en general a las actividades típicas de la gente rica. Antes de morir, en 1916, había realizado importantes contribuciones a nuestro conocimiento de la naturaleza y evolución de los planetas, a la deducción de la expansión del universo y al descubrimiento del planeta Plutón, en el que intervino y que le debe su nombre. Las primeras dos letras del nombre Plutón son las iniciales de Percival Lowell. Su símbolo es ♆, un monograma planetario.

Pero el amor constante de Lowell fue el planeta Marte. La declaración que en 1877 hizo un astrónomo italiano, Giovanni Schiaparelli, afirmando la existencia de *canal* en Marte le conmovió profundamente. Schiaparelli había informado durante una aproximación máxima de Marte a la Tierra sobre la presencia de una intrincada red de líneas rectas, sencillas y dobles, que cruzaban las zonas brillantes del planeta. *Canal* significa en italiano canales o surcos, y su trasposición al inglés implicaba la mano del hombre. Una martemania se apoderó de Europa y de América, y Lowell fue arrastrado por ella.

En 1892 Schiaparelli anunció, cuando su vista ya fallaba, que renunciaba a la observación de Marte. Lowell decidió continuar el trabajo. Quería un lugar de observación de primera categoría, no perturbado por nubes o luces ciudadanas y caracterizado por una buena visión, término que los astrónomos aplican a una atmósfera estática a través de la cual queda minimizado el temblor de una imagen astronómico en el telescopio. La mala visión se debe a turbulencias de pequeña escala en la atmósfera situada encima del telescopio y es la causa del centelleo de las estrellas. Lowell construyó su observatorio lejos de casa, en Mars Hill de Flagstaff, Arizona. Dibujó los rasgos de la superficie de Marte, especialmente los canales que lo hipnotizaban. Las observaciones de este tipo no son fáciles. Uno se pasa largas horas en el telescopio aguantando el frío del alba. Con frecuencia la visión es pobre y la imagen de Marte se hace borrosa y distorsionada. Entonces uno debe ignorar lo que ha visto. En ocasiones la imagen se estabiliza y los rasgos del planeta destellan momentáneamente, maravillosamente. Hay que recordar entonces lo que se ha tenido la fortuna de ver y hay que anotarlo cuidadosamente en un papel. Hay que dejar de lado las ideas preconcebidas y dejar constancia con una mente abierta de las maravillas de Marte.

Los cuadernos de Percival Lowell están llenos de lo que creía ver: zonas brillantes y oscuras, un indicio de casquete polar, y canales, un planeta engalanado con canales; Lowell creía que estaba viendo una red, extendida por todo el globo, de grandes acequias de riego que conducían agua desde los casquetes polares en fusión a los sedientos habitantes de las ciudades ecuatoriales. Imaginaba el planeta habitado por una raza más antigua y más

sabia, quizás muy diferente de la nuestra. Creía que los cambios estacionales de las zonas oscuras se debían al desarrollo y marchitamiento de la vegetación. Creía que Marte era muy parecido a la Tierra. Total, creía demasiadas cosas.

Lowell evocaba un Marte antiguo, árido, marchito, un mundo desierto. Pero continuaba pareciéndose a un desierto de la Tierra. El Marte de Lowell tenía muchos rasgos en común con el suroeste de los Estados Unidos, donde estaba situado el observatorio de Lowell. Imaginaba las temperaturas marcianas algo frías, pero tan soportables como las del Sur de Inglaterra. El aire estaba enrarecido, pero había suficiente oxígeno para hacerlo respirable. El agua era escasa pero la elegante red de canales conducía el líquido portador de vida a todo el planeta.

Ahora sabemos que el reto contemporáneo más serio a las ideas de Lowell tuvo un origen inverosímil. Alfred Russell Wallace, codescubridor de la evolución por selección natural, recibió en 1907 el encargo de comentar uno de los libros de Lowell. Wallace había sido ingeniero en su juventud, y aunque se mostraba algo crédulo en cuestiones de percepción extrasensorial, se mostró admirablemente escéptico en cuanto a la habitabilidad de Marte. Wallace demostró que Lowell se había equivocado al calcular las temperaturas medias de Marte; no eran tan suaves como las temperaturas del Sur de Inglaterra sino que, en todas partes y con poquísimas excepciones, eran inferiores al punto de congelación del agua. Tenía que haber un permafrost, una subsuperficie perpetuamente congelada. El aire era mucho más enrarecido que lo que Lowell había calculado. Los cráteres debían de ser tan abundantes como en la Luna. Y en cuanto al agua de los canales:

Cualquier intento de transportar este escaso excedente [de agua] por medio de canales de gravedad hasta el ecuador y el hemisferio opuesto, a través de regiones desérticas terribles y expuesta a cielos tan despejados como los que describe el señor Lowell, tendría que ser obra de un equipo de locos y no de seres inteligentes. Puede afirmarse con seguridad que ni una gota de agua escaparía a la evaporación o a la filtración a menos de cien millas de su lugar de procedencia.

Este análisis físico devastador y en gran parte correcto fue escrito por Wallace a los ochenta y cuatro años. Su conclusión fue que en Marte la vida es decir, la existencia de ingenieros civiles interesados en hidráulica era imposible. No dijo nada sobre los microorganismos.

A pesar de la crítica de Wallace, a pesar de que otros astrónomos con telescopios y lugares de observación tan buenos como los de Lowell no pudieran encontrar señal alguna de los fabulados canales, la idea que Lowell tenía de Marte tuvo gran aceptación popular. Tenía una cualidad mítica tan vieja como el Génesis. Parte de su atractivo venía de que el siglo diecinueve fue una época de maravillas de la ingeniería, incluyendo la construcción de enormes canales: el canal de Suez, acabado en 1869; el canal de Corinto, en 1893; el canal de Panamá, 1914; y más cercanas a nosotros, las esclusas del Gran Lago, los canales para barcazas del norte del Estado de Nueva York, y los canales de riego del Sureste de los Estados Unidos. Si los americanos y los europeos podían

realizar tales hazañas, ¿por qué no los marcianos? ¿No podía llevar a cabo esfuerzos superiores una especie más antigua y más sabia, capaz de enfrentarse valientemente con la desecación cada vez mayor del planeta rojo?

Nosotros hemos enviado satélites de reconocimiento en órbita alrededor de Marte. Hemos cartografiado el planeta entero. Hemos hecho aterrizar en su superficie dos laboratorios automáticos. Puede decirse que, desde los días de Lowell, los misterios han aumentado en Marte. Sin embargo, después de estudiar fotografías mucho más detalladas de Marte que cualquier imagen que Lowell pudiera haber vislumbrado nunca, no hemos hallado un solo afluente de la pretendida red de canales, ni una sola esclusa. Lowell y Schiaparelli y otros realizaron sus observaciones visuales en condiciones de visibilidad dificultosa, y se equivocaron quizás en parte por una predisposición a creer en la existencia de vida en Marte. Los cuadernos de observación de Percival Lowell reflejan un esfuerzo continuado en el telescopio durante muchos años. Lowell se muestra enterado del escepticismo expresado por otros astrónomos sobre la realidad de los canales. En los cuadernos aparece un hombre convencido de que ha hecho un importante descubrimiento y dolido de que otros no hayan comprendido todavía su importancia. En su cuaderno de 1905, por ejemplo, hay un apunte del 21 de enero: Aparecen canales dobles en destellos, convenciendo de su realidad. Al leer los cuadernos de Lowell tengo la inequívoca sensación de que realmente estaba viendo algo. Pero, ¿qué?

Cuando Paul Fox, de Corneli, y yo comparamos los mapas de Lowell sobre Marte con las imágenes orbitales del Mariner 9 que en ocasiones tenían una resolución mil veces superior a la del telescopio refractor de veinticuatro pulgadas de Lowell, situado en la Tierra, no encontramos prácticamente ninguna correlación. Había que excluir que el ojo de Lowell hubiera conectado entre sí pequeños detalles inconexos de la superficie de Marte formando ilusorias líneas rectas. En la posición de la mayoría de sus canales no había manchas oscuras ni cadenas de cráteres. Allí no había rasgos en absoluto. Entonces, ¿cómo podía él haber dibujado los mismos rasgos año tras año? ¿Cómo pudieron otros astrónomos algunos de los cuales dijeron no haber examinado con detalle los mapas de Lowell hasta después de sus propias observaciones dibujar los mismos canales? Uno de los grandes hallazgos de la misión del Mariner 9 a Marte fue que hay rayas y manchas, variables con el tiempo, en la superficie de Marte muchos relacionados con las murallas de los cráteres de impacto que cambian según las estaciones. Se deben al polvo arrastrado por el aire y sus formas varían de acuerdo con los vientos estacionales. Pero las rayas no tienen la índole de los canales, no ocupan la posición de los canales, y ninguno de ellos tiene individualmente el tamaño suficiente para ser visto de entrada desde la Tierra. Es inverosímil que en las primeras décadas de este siglo hubiera en Marte rasgos reales, parecidos a los canales de Lowell, que hubieran desaparecido sin dejar rastro al ser ya factibles las investigaciones de cerca con naves espaciales.

Parece que los canales de Marte se deben a un funcionamiento defectuoso de la combinación humana mano/ojo/cerebro en condiciones difíciles de visión (por lo

menos de la combinación de algunos hombres, porque muchos astrónomos observando con instrumentos de igual calidad en la época de Lowell y después, afirmaron que no había canales). Pero difícilmente puede ser esta explicación completa, y yo tengo la sospecha insistente de que algún aspecto esencial del problema de los canales marcianos está aún por descubrir. Lowell siempre dijo que la regularidad de los canales era un signo inequívoco de su origen inteligente. Y no se equivocaba. Sólo falta saber en qué lado del telescopio estaba la inteligencia.

Los marcianos de Lowell, que eran benignos y esperanzadores, incluso algo parecidos a dioses, eran muy diferentes a la maligna amenaza expuesta por Wells y Wells en *La guerra de los mundos*. Los dos tipos de ideas pasaron a la imaginación pública a través de los suplementos dominicales y de la ciencia ficción. Yo recuerdo haber leído de niño, fascinado y emocionado, las novelas marcianas de Edgar Rice Burroughs. Viajé con John Carter, caballero aventurero de Virginia, hasta Barsoom, el nombre que daban a Marte sus habitantes. Seguí a manadas de bestias de carga con ocho patas, los thoat. Y conseguí la mano de la bella Dejah Thoris, princesa de Helium. Me hice amigo de un luchador verde de cuatro metros, llamado Tars Tarkas. Me paseé por las ciudades en aguja y por las abovedadas estaciones de Barsoom, y a lo largo de las verdes veredas de los canales de Nylosirtis y Nephentes.

¿Era posible de hecho y no en la fantasía aventurarse realmente con John Carter en el reino de Helium del planeta Marte? ¿Podríamos aventurarnos y salir al exterior una tarde de verano, con nuestro camino iluminado por las dos rápidas lunas de Barsoom, viviendo un viaje de altas emociones científicas? Todas las conclusiones de Lowell sobre Marte, incluyendo la existencia de los Tabulados canales, resultaron ser inconsistentes; pero su descripción del planeta tuvo por lo menos esta virtud: logró que generaciones de niños de ocho años, la mía entre ellas, consideraran la exploración de los planetas como una posibilidad real, se preguntaran si nosotros mismos podríamos volar algún día hasta Marte. John Carter consiguió llegar allí simplemente al situarse de pie en un campo extendiendo sus manos y deseándolo. Recuerdo haberme pasado, de niño, bastantes horas con los brazos resueltamente extendidos en un campo solitario implorando a lo que creía que era Marte, para que me trasladara hasta allí. Nunca dió resultado. Tenía que haber otros sistemas.

Las máquinas, al igual que los organismos, también tienen su evolución. El cohete empezó en China, como la pólvora que lo impulsó primeramente, y allí se utilizó para cometidos ceremoniales y estéticos. Fue importado a Europa hacia el siglo catorce, donde se aplicó a la guerra; a finales del siglo diecinueve, el ruso Konstantin Tsiolkovsky, un profesor de escuela, lo propuso como medio para trasladarse a los planetas, y el científico americano Robert Goddard lo desarrolló seriamente por primera vez para el vuelo a gran altitud. El cohete militar alemán V 2 de la segunda guerra mundial empleaba prácticamente todas las innovaciones de Goddard y culminó en 1948 con el lanzamiento de la combinación de dos fases V 2/WAC Corporal a la altura entonces sin precedentes de 400 kilómetros. En los años cincuenta, los adelantos de ingeniería



protagonizados por Sergei Korolov en la Unión Soviética y por Werner von Braun en los Estados Unidos, utilizados como sistemas para el envío de armas de destrucción masiva, condujeron a los primeros satélites artificiales. El ritmo del progreso ha continuado activo: vuelos orbitales tripulados; hombres en órbita y luego aterrizando en la Luna; y naves espaciales sin tripulación lanzadas hacia el exterior para atravesar el sistema solar. Muchas otras naciones han enviado ya naves espaciales, incluyendo a Inglaterra, Francia, Canadá, Japón y China, la sociedad que inventó en primer lugar el cohete.

Había entre las primeras aplicaciones del cohete espacial, imaginadas con placer por Tsiolkovsky y Goddard (quien de joven había leído a Wells y se había sentido estimulado por las lecturas de Percival Lowell una estación científica orbital para estudiar la Tierra desde una gran altura, y una sonda para detectar vida en Marte. Estos dos sueños han sido ahora realizados.

Imagine que usted es un visitante de otro planeta muy extraño y que se acerca a la Tierra sin ideas preconcebidas. Su visión del planeta mejora a medida que se va acercando y que van destacando los detalles cada vez más finos. ¿Es un planeta habitado? ¿En qué momento puede decidirlo? Si hay seres inteligentes es posible que hayan creado estructuras de ingeniería con elementos de gran contraste en una escala de pocos kilómetros, estructuras que podremos detectar cuando nuestros sistemas ópticos y la distancia desde la tierra proporcionen una resolución de kilómetros. Sin embargo, a este nivel de detallismo la Tierra parece terriblemente estéril. No hay señales de vida, ni inteligente ni de otro tipo, en lugares que nosotros llamamos Washington, Nueva York, Moscú, Londres, París, Berlín, Tokio y Pekín. Si hay seres inteligentes en la Tierra no han modificado demasiado el paisaje transformándolo en estructuras geométricas regulares de resolución kilométrica.

Pero cuando mejoramos diez veces la resolución, cuando empezamos a ver detalles de sólo cien metros de longitud, la situación cambia. Muchos lugares de la Tierra parecen cristalizar de repente, revelando una estructura intrincada de cuadrados y rectángulos, de líneas rectas y círculos. Se trata de obras de ingeniería hechas por seres inteligentes: carreteras, autopistas, canales, tierras de labranza, calles urbanas; una estructura que revela las dos pasiones humanas por la geometría euclidiana y por la territorialidad. A esta escala puede distinguirse la presencia de vida inteligente en Boston, en Washington y en Nueva York. Y con una resolución de diez metros, el nivel de remodelación a que ha sido sometido el paisaje aparece ya con toda claridad. Los hombres han trabajado muchísimo. Estas fotos se tomaron con luz diurna. Pero en el crepúsculo o durante la noche hay otras cosas visibles: los fuegos de pozos petrolíferos en Libia y en el golfo Pérsico; la iluminación del fondo marino por las flotas pesqueras japonesas de calamares; las luces brillantes de las grandes ciudades. Y si con luz de día perfeccionamos nuestra resolución para poder distinguir objetos de un metro de longitud, empezaremos a detectar organismos individuales: ballenas, vacas, flamencos, personas.

La vida inteligente en la Tierra se manifiesta primeramente a través de la regularidad geométrica de sus construcciones. Si la red de canales de Lowell

realmente existiese, la conclusión de que Marte está habitado por seres inteligentes resultaría igualmente convincente. Del mismo modo, para poder detectar fotográficamente la vida en Marte, incluso desde una órbita alrededor de Marte, debería haberse llevado a cabo una remodelación importante de su superficie. Las civilizaciones técnicas, constructoras de canales, podrían detectarse fácilmente. Pero si exceptuamos uno o dos rasgos enigmáticos, en la exquisita profundidad de detalles de la superficie marciana, descubiertos por las naves espaciales no tripuladas, no aparece nada de este tipo. Sin embargo, hay muchas más posibilidades, existencia de grandes plantas y animales, de microorganismos, de formas extinguidas, o bien de un planeta que ahora está y estuvo siempre privado de vida. Marte está más lejos del Sol que la Tierra, y sus temperaturas son considerablemente más bajas. Su aire está enrarecido y contiene principalmente dióxido de carbono, aunque haya también algo de nitrógeno molecular, de argón y cantidades muy pequeñas de vapor de agua, oxígeno y ozono. Es imposible que haya hoy en día masas al aire libre de agua líquida, porque la presión atmosférica de Marte es demasiado baja para impedir que el agua, incluso fría, entre rápidamente en ebullición. Puede haber diminutas cantidades de agua líquida en poros y capilaridades del suelo. La cantidad de oxígeno es demasiado pequeña para que un ser humano pueda respirar. El contenido de ozono es tan poco que la radiación germicida ultravioleta del Sol choca sin impedimentos con la superficie marciana. ¿Podría sobrevivir un organismo en un ambiente de este tipo?

Para examinar esta cuestión, hace muchos años, mis colegas y yo preparamos cámaras que simulaban el ambiente marciano entonces conocido, lo inoculamos con microorganismos terrestres y esperamos a ver si alguno sobrevivía. Estas cámaras se han llamado, como era de esperar, botes marcianos. Los botes marcianos hacían oscilar la temperatura según una típica escala marciana desde un punto algo superior al de congelación hacia el mediodía, hasta unos 80 oC poco antes del amanecer, dentro de una atmósfera anóxica compuesta principalmente de  $\text{CO}_2$  y  $\text{N}_2$ . Unas lámparas ultravioletas reproducían el violento flujo solar. No había agua líquida excepto en películas muy finas que humedecían los granos de arena individualmente. Algunos microbios murieron por congelación después de la primera noche y nunca más volvieron a dar señales de vida. Otros dieron unas boqueadas y acabaron pereciendo por falta de oxígeno. Otros murieron de sed, y algunos quedaron fritos por la luz ultravioleta. Pero siempre quedó un número bastante elevado de variedades de microbios terrestres que no necesitan oxígeno; microbios que cerraron temporalmente el negocio cuando las temperaturas descendieron demasiado; que se ocultaron de la luz ultravioleta bajo los guijarros o bajo finas capas de arena. En otros experimentos cuando se dispuso de pequeñas cantidades de agua líquida, los microbios llegaron incluso a prosperar. Si los microbios terrestres pueden sobrevivir en el ambiente marciano, mucho mejor podrán hacerlo en Marte los microbios marcianos, si es que existen. Pero primero tenemos que llegar allí.

La Unión Soviética mantiene un activo programa de exploración planetario con naves no tripuladas. Cada uno o dos años las posiciones relativas de los planetas y la física de Kepler y de Newton permiten el lanzamiento de una nave espacial a Marte o a Venus, con un mínimo gasto de energía. Desde principios de los sesenta la URSS ha perdido muy pocas de estas oportunidades. La insistencia soviética y los logros de su ingeniería han acabado dando generosos resultados. Cinco naves espaciales soviéticas Venera 8 a 12 han aterrizado en Venus y han conseguido enviar datos desde su superficie, una azaña no despreciable en una atmósfera planetario tan caliente, densa y corrosiva. Sin embargo, y a pesar de muchas tentativas, la Unión Soviética no ha conseguido aterrizar en Marte; un lugar que, al menos a primera vista, parece más acogedor, con temperaturas frías, una atmósfera mucho más ligera y gases más benignos; con casquetes polares de hielo, claros cielos rosados, grandes dunas de arena, antiguos lechos de ríos, un vasto valle de dislocación; lava hermosa, Y volcánica, al menos conocida por nosotros, del sistema solar, y suaves atardeceres de verano en el ecuador. Es un mundo mucho más parecido a la Tierra que Venus.

En 1971, la nave soviética Mars 3 penetró en la atmósfera marciana. Según la información transmitida por radio automáticamente, la nave desplegó con éxito sus sistemas de aterrizaje durante la entrada, orientó correctamente hacia abajo su escudo de ablación, desplegó completamente su gran paracaídas y encendió sus retrocohetes cerca del final de su camino de descenso. Según los datos enviados por el Mars 3, debió de haber aterrizado con éxito en el planeta rojo. Pero la nave espacial, después de aterrizar, envió a la Tierra un fragmento de veinte segundos de una imagen televisiva en blanco, y luego falló misteriosamente. En 1973 tuvo lugar una serie de sucesos muy similares con el vehículo de aterrizaje del Mars 6. En ese caso el fallo ocurrió un segundo después de aterrizar. ¿Qué falló?

La primera ilustración que pude ver del Mars 3 fue un sello soviético (valor, 16 kopecs), en el que aparecía dibujada la nave espacial descendiendo a través de una humareda purpúrea. Pienso que el artista intentaba ilustrar polvo y vientos intensos: Mars 3 entró en la atmósfera durante una enorme tormenta de arena de ámbito global. Tenemos pruebas procedentes de la misión americana Mariner 9 de que en aquella tormenta hubo vientos, cerca de la superficie, de más de 140 metros por segundo: velocidad superior a la mitad de la del sonido en Marte. Tanto nuestros colegas soviéticos como nosotros consideramos probable que esos vientos intensos pillaran a la nave espacial Mars 3 con el paracaídas desplegado, de modo que aterrizó suavemente en dirección vertical pero con una velocidad desbocada en la dirección horizontal. Una nave espacial que desciende colgada de los tirantes de un gran paracaídas es particularmente vulnerable a los vientos horizontales. Es posible que, después de aterrizar, el Mars 3 diera unos cuantos botes, golpeará una roca u otra muestra cualquiera del relieve marciano, volcara, perdiera el contacto por radio con el bus que lo había transportado y fallara.

Pero, ¿por qué entró el Mars 3 en medio de una gran tormenta de arena? La misión del Mars 3 fue organizada rígidamente antes de despegar. Cada paso que

tenía que dar se registró, antes de partir de la Tierra, en la computadora de a bordo. No había manera de cambiar el programa de la computadora, aún después de darse cuenta de la magnitud de la gran tormenta de arena de 1971. Puede decirse en la jerga de la exploración espacial, que la misión del Mars 3 era preprogramada, no adaptativa. El fallo del Mars 6 es más misterioso. No había tormenta de ámbito planetario cuando esta nave espacial entró en la atmósfera marciana, y no hay razón alguna para sospechar la existencia de una tormenta local, como a veces ocurre, en el punto de aterrizaje. Quizás se produjo un fallo de ingeniería en el momento justo de tocar la superficie. O quizás hay algo especialmente peligroso en relación con la superficie de Marte.

La combinación de éxitos soviéticos en los aterrizajes de Venus y de fallos soviéticos en los aterrizajes de Marte, nos causó, como es lógico, una cierta preocupación al preparar la misión norteamericana Viking, que había sido fechada de modo informal, para que depositara suavemente una de sus dos naves sobre la superficie de Marte, coincidiendo con el bicentenario de los EE. UU., el 4 de julio de 1976. La maniobra de aterrizaje del Viking comprendía, como la de sus predecesores soviéticos, un escudo de ablación, un paracaídas y retrocohetes. La atmósfera marciana tiene una densidad de sólo un 1% de la atmósfera terrestre, y por ello se desplegó un paracaídas muy grande, de dieciocho metros de diámetro, para frenar la nave espacial cuando entrara en el aire enrarecido de Marte. La atmósfera es tan poco densa que si el Viking hubiera aterrizado a gran altura no hubiera habido atmósfera suficiente para frenar adecuadamente su descenso y se hubiera estrellado. Por lo tanto una de las condiciones era que el punto de aterrizaje estuviera en una región baja. Los resultados enviados por el Mariner 9 y los estudios de radar desde la Tierra nos habían hecho conocer muchas zonas de este tipo.

A fin de evitar el destino probable de Mars 3, quisimos que el Viking aterrizara en un lugar y en un momento de vientos débiles. Los vientos que harían estrellarse al vehículo de aterrizaje tendrían probablemente fuerza suficiente para alzar polvo de la superficie. Si pudiésemos controlar que el lugar de aterrizaje propuesto no estaba cubierto con arena flotante y movediza, tendríamos por lo menos una cierta garantía de que los vientos no eran intolerablemente intensos. Esta fue una de las razones para trasladar cada vehículo de aterrizaje Viking con su vehículo orbital hasta la órbita de Marte, y allí retrasar el descenso hasta que el vehículo orbital hubo estudiado el lugar de aterrizaje. Habíamos descubierto con el Mariner 9 que en épocas de vientos intensos se producen cambios característicos en los rasgos brillantes y oscuros de la superficie marciana. Si las fotografías orbitales de un determinado punto de aterrizaje para el Viking hubieran mostrado tales estructuras movedizas, desde luego no lo habríamos considerado seguro. Pero nuestras garantías no podían ofrecer una seguridad del cien por cien. Podríamos imaginar, por ejemplo, un punto de aterrizaje donde los vientos fueran tan fuertes que se hubiesen llevado ya todo el polvo móvil. Entonces careceríamos de pistas sobre la posible presencia de vientos intensos en aquel punto. Las predicciones meteorológicas detalladas sobre Marte eran por supuesto mucho menos seguras que las de la Tierra. Uno de los muchos

objetivos de la misión Viking era precisamente proporcionar información sobre la meteorología de ambos planetas.

A causa de las limitaciones impuestas por las comunicaciones y por la temperatura, el Viking no podía aterrizar en latitudes marcianas elevadas. A distancias hacia el polo superiores a unos 45 o 50º en ambos hemisferios, hubieran sido inoportunamente cortos tanto el útil de comunicación de la nave espacial con la Tierra como el tiempo durante el cual la nave espacial evitaría unas temperaturas peligrosamente bajas.

No deseábamos aterrizar en un lugar demasiado accidentado. La nave espacial podía volcar o estrellarse, o si no el brazo mecánico, al intentar obtener muestras del suelo marciano, podía quedar agarrotado o colgando y moviéndose inútilmente a un metro de la superficie. Tampoco queríamos aterrizar en lugares que estuvieran demasiado blandos. Si los tres pies de aterrizaje de la nave espacial se hubieran hundido profundamente en un suelo poco consistente, se habrían producido varias consecuencias indeseables, incluyendo la inmovilización del brazo de muestreo. Pero tampoco queríamos aterrizar en un lugar demasiado duro; si hubiésemos aterrizado en un campo de lava vítrea, por ejemplo, sin rastro de materia polvorienta en la superficie, el brazo mecánico no hubiese podido obtener las muestras vitales para los experimentos químicos y biológicos previstos.

Las mejores fotografías disponibles en aquel momento tomadas desde el vehículo orbital Mariner 9 mostraban rasgos no inferiores a 90 metros de diámetro. Las imágenes del vehículo orbital Viking sólo mejoraban estas cifras ligeramente. Las rocas con un tamaño de un metro quedaban totalmente invisibles en estas fotografías, y podían haber provocado consecuencias desastrosas para el aterrizaje del Viking. Asimismo un polvo fino y hondo podía resultar indetectable fotográficamente. Afortunadamente existía una técnica que nos capacitaba para determinar la aspereza o la blandura del lugar de aterrizaje propuesto: el radar. Un lugar muy accidentado dispersa el haz de radar procedente de la Tierra hacia sus lados y por lo tanto resulta escasamente reflector, es decir oscuro visto con el radar. Un lugar muy blando resulta escasamente reflector a causa de los muchos intersticios existentes entre cada grano de arena. No podíamos distinguir los lugares accidentados de los lugares blandos, pero no necesitábamos distinciones de este tipo para seleccionar el lugar de aterrizaje. Sabíamos que ambos terrenos eran peligrosos. Estudios preliminares de radar indicaban que de un cuarto a un tercio de la superficie de Marte podía ser oscura al radar, y por lo tanto peligrosa para el Viking. Pero a través de radares instalados en la Tierra no se puede examinar la totalidad de Marte: sólo una franja comprendida aproximadamente entre los 25º N y los 25º S. El vehículo orbital Viking no transportaba ningún sistema de radar para cartografiar la superficie.

Había muchas limitaciones, quizás demasiadas, nos temíamos. Nuestros puntos de aterrizaje no podían ser demasiado altos ni estar excesivamente expuestos al viento, ni ser demasiado duros, ni demasiado blandos, ni demasiado accidentados, ni demasiado próximos al polo. Resultaba notable que

hubiese en todo Marte algunos lugares que satisficiesen simultáneamente todos nuestros criterios de seguridad. Pero también quedaba claro que nuestra búsqueda de puertos seguros nos dirigía a aterrizar en lugares que eran en su mayor parte aburridos.

Cuando cada una de las dos combinaciones vehículo orbital vehículo de aterrizaje del Viking quedaba insertada en órbita marciana estaba destinada ya, de modo inalterable, a aterrizar en una cierta *latitud* de Marte. Si el punto bajo de la órbita estaba a 210 de latitud norte marciana, el vehículo de aterrizaje descendería a 21° N, aunque bastaría esperar que el planeta girase debajo suyo para poder aterrizar en cualquier *longitud*. De este modo los equipos científicos del Viking seleccionaron latitudes en las cuales había más de un lugar prometedor. El objetivo fijado para el Viking 1 fue 21° N. El punto primario de aterrizaje estaba en una región llamada Crise (en griego tierra del oro), cerca de la confluencia de cuatro sinuosos canales que se creen excavados en épocas previas de la historia marciana por corrientes de agua. Crise parecía satisfacer todos los criterios de seguridad. Pero las observaciones de radar habían estudiado zonas cercanas y no el mismo lugar de aterrizaje de Crise. A causa de la geometría de la Tierra y de Marte, hasta unas pocas semanas antes de la fecha nominal del aterrizaje no se realizaron las primeras observaciones de radar de Crise.

La latitud propuesta para el aterrizaje del Viking 2 era 44° N; el primer punto, un lugar llamado Cidonia, fue elegido porque, según ciertos argumentos teóricos, había una probabilidad significativa de hallar allí pequeñas cantidades de agua líquida, al menos en alguna temporada del año marciano. Los experimentos biológicos del Viking estaban muy orientados hacia organismos que se sienten cómodos en el agua líquida, y por ello algunos científicos afirmaban que la posibilidad de que el Viking encontrara vida aumentaría sustancialmente en Cidonia. Por otro lado se decía que si había microorganismos en algún lugar de un planeta con vientos tan fuertes como los de Marte, estarían también en todas partes. Ambas posturas parecían justificadas y era difícil decidirse entre ellas. Pero lo que en definitiva estaba muy claro era que los 44° N eran totalmente inaccesibles a la comprobación por radar del punto de aterrizaje; teníamos que aceptar el importante riesgo de que el Viking 2 fracasara si lo enviábamos a las altas latitudes septentrionales. Se decía en ocasiones que si el Viking 1 descendía y funcionaba correctamente podríamos permitirnos un riesgo mayor con el Viking 2. Me encontré a mí mismo dando recomendaciones muy cautelosas sobre el destino de una misión que había costado mil millones de dólares. Podía imaginar, por ejemplo, el fallo de un instrumento clave en Crise justamente después de un desafortunado y violento aterrizaje en Cidonia. Para mejorar las opciones del Viking, se seleccionaron lugares de aterrizaje adicionales, muy diferentes geológicamente de Crise y de Cidonia, en la región comprobada por radar cerca de la latitud 4° S. Hasta prácticamente el último minuto no se tomó la decisión de que el Viking descendiera en una latitud alta o baja, y el punto elegido finalmente, en la misma latitud que Cidonia, fue un lugar con el esperanzador nombre de Utopía.

El lugar de aterrizaje previsto originalmente para el Viking 1, después de examinar las fotografías del vehículo orbital y los datos de última hora del radar con base en la Tierra, nos pareció inaceptablemente arriesgado. Durante un tiempo me imaginé al Viking 1 condenado, como el legendario holandés errante, a vagar para siempre por los cielos de Marte, sin encontrar nunca un puerto seguro. Por fin encontramos un lugar adecuado, también en Crise pero lejos de la confluencia de los cuatro viejos canales. El retraso nos impidió hacerlo aterrizar el 4 de julio de 1976, pero todos estaban de acuerdo en que un aterrizaje accidentado por aquellas fechas sería un regalo no muy satisfactorio para el doscientos cumpleaños de los Estados Unidos. Dieciséis días más tarde encendimos los retrocohetes para salir de órbita y entramos en la atmósfera marciana.

Después de un viaje interplanetario de año y medio, con un recorrido de cien millones de kilómetros dando un rodeo alrededor del Sol, cada combinación vehículo orbital / vehículo de aterrizaje se insertó en su órbita correcta alrededor de Marte; los vehículos orbitales estudiaron los lugares de aterrizaje propuestos; los vehículos de aterrizaje entraron en la atmósfera de Marte dirigidos por radio, orientaron correctamente sus escudos de ablación, desplegaron los paracaídas, se despojaron de las cubiertas, y encendieron los retrocohetes. Por primera vez en la historia de la humanidad, naves espaciales tocaron en Crise y en Utopía el suelo del planeta rojo, de modo suave y seguro. Estos triunfales aterrizajes se debieron en gran parte a la gran capacidad técnica aplicada a su diseño, fabricación y puesta a prueba, y a la habilidad de los controladores de la nave espacial. Pero también, al ser Marte un planeta tan peligroso y misterioso, intervino por lo menos un elemento de suerte.

Inmediatamente después del aterrizaje tenían que enviarse las primeras imágenes. Sabíamos que habíamos elegido lugares poco interesantes. Pero podíamos tener esperanzas. La primera imagen que tomó el vehículo de aterrizaje del Viking 1 fue de uno de sus pies: si el vehículo se iba a hundir en las arenas movedizas de Marte, queríamos enterarnos antes de que la nave espacial desapareciese. La imagen se fue formando, línea a línea, hasta que pudimos ver con gran alivio el pie asentado firmemente y sin mojarse sobre la superficie de Marte. Pronto se materializaron otras imágenes, con cada elemento de la fotografía transmitido por radio individualmente a la Tierra.

Recuerdo que me quedé asombrado ante la primera imagen del vehículo de aterrizaje que mostraba el horizonte de Marte. Aquello no era un mundo extraño, pensé; conocía lugares como aquél en Arizona, en Colorado y en Nevada. Había rocas y arena acumulada y una eminencia en la distancia, todo tan natural y espontáneo como cualquier paisaje de la Tierra. Marte era un *lugar*. Por supuesto, me hubiera sorprendido ver a un explorador canoso surgir de detrás de una duna, conduciendo su mula, pero al mismo tiempo la idea no parecía descabellada. No me había pasado por la cabeza nada remotamente parecido durante todas las horas que pasé examinando las imágenes de la superficie de Venus tomadas por los Venera 9 y 10. Sabía que de un modo u otro ése era el mundo al cual regresaríamos.

**El paisaje es vigoroso, rojo y encantador: por encima del horizonte asoman rocas arrojadas en la creación de un cráter, pequeñas dunas de arena, rocas que han estado repetidamente cubiertas y descubiertas por el polvo de acarreo, plumas de un material de grano fino arrastradas por el viento. ¿De dónde provenían las rocas? ¿Cuánta arena había arrastrado el viento? ¿Cuál debió ser la historia anterior del planeta para poder crear esas rocas perdidas, esos peñascos sepultados, estas excavaciones poligonales del terreno? ¿De qué estaban hechas las rocas? ¿Del mismo material que la arena? ¿La arena era sólo roca pulverizada o algo más? ¿Por qué es rosáceo el cielo? ¿De qué está compuesto el aire? ¿A qué velocidad van los vientos? ¿Hay temblores de tierra marcianos? ¿Cómo cambian, según las estaciones, la presión atmosférica y el aspecto del paisaje?**

**El Viking ha proporcionado respuestas definitivas, o por lo menos aceptables, a cada una de estas preguntas. El Marte que nos revela la misión Viking es de un enorme interés, especialmente si recordamos que los lugares de aterrizaje fueron elegidos por su aspecto aburrido. Pero las cámaras no revelaron signo alguno de constructores de canales, ni de coches volantes barsoomianos, ni de espadas cortas, ni de princesas u hombres luchando, ni de thoats o huellas de pisadas, ni siquiera de un cactus o de una rata canguro. En todo lo que alcanzaba la mirada, no había señal alguna de vida. 3**

**Quizás haya grandes formas de vida en Marte, pero no en nuestros dos lugares de aterrizaje. Quizás haya formas más pequeñas en cada roca y en cada grano de arena. Durante la mayor parte de su historia las regiones de la Tierra que no estaban cubiertas de agua se parecían bastante a lo que hoy en día es Marte: con una atmósfera rica en dióxido de carbono, con una luz ultravioleta incidiendo violentamente sobre la superficie a través de una atmósfera desprovista de ozono. Las plantas y animales grandes no colonizaron la Tierra hasta la última décima parte de la historia de nuestro planeta. Y sin embargo, durante tres mil millones de años hubo microorganismos por toda la Tierra. Si queremos buscar vida en Marte tenemos que buscar microbios.**

**El vehículo de aterrizaje Viking extiende las capacidades humanas a paisajes distintos y extraños. Según algunos criterios, es casi tan listo como un saltamontes; según otros, su inteligencia está al nivel de una bacteria. No hay nada insultante en estas comparaciones. La naturaleza tardó cientos de millones de años en crear por evolución una bacteria, y miles de millones de años para hacer un saltamontes. Tenemos solamente un poco de experiencia en estos asuntos, y ya nos convertiremos en expertos. El Viking tiene dos ojos como nosotros, pero a diferencia de los nuestros también trabajan en el infrarrojo; un brazo de muestreo que puede empujar rocas, excavar y tomar muestras del suelo; una especie de dedo que saca para medir la velocidad y la dirección de los vientos; algo equivalente a una nariz y a unas papilas gustativas, que utiliza para captar con mucha mayor precisión que nosotros la presencia de rastros de moléculas; un oído interior con el cual puede detectar el retumbar de los temblores marcianos y las vibraciones más suaves causadas por el viento en la nave espacial; y sistemas para detectar microbios. La nave espacial tiene su**



propia fuente independiente de energía radiactiva. Toda la información científica que obtiene la radia a la Tierra. Recibe instrucciones desde la Tierra, y de este modo los hombres pueden ponderar el significado de los resultados del Viking y comunicar a la nave espacial que haga algo nuevo.

Pero, ¿cuál es el sistema mejor para buscar microbios en Marte, teniendo en cuenta las limitaciones de tamaño, coste y energía? De momento no podemos enviar allí microbiólogos. Yo una vez tuve un amigo, un extraordinario microbiólogo llamado Wolf Vishniac, de la Universidad de Rochester, en Nueva York. A fines de los años cincuenta, cuando apenas empezábamos a pensar seriamente en buscar vida en Marte, participó en una reunión científica en la que un astrónomo expresó su asombro al ver que los biólogos no disponían de ningún instrumento sencillo, fiable y automatizado para buscar microorganismos. Vishniac decidió hacer algo en este sentido.

Desarrolló un pequeño aparato para enviarlo a los planetas. Sus amigos lo llamaron la Trampa del Lobo. Había que transportar hasta Marte una pequeña ampolla de materia orgánica nutriente, obtener una muestra de tierra de Marte para mezclarla con ella, y observar los cambios en la turbidez del líquido a medida que los bacilos marcianos (suponiendo que los hubiese) crecían (suponiendo que lo hicieran). La Trampa del Lobo fue seleccionada junto con otros tres experimentos microbiológicos para viajar a bordo de los vehículos de aterrizaje del Viking. Dos de los otros tres experimentos también se basaban en dar comida a los marcianos. El éxito de la Trampa del Lobo depende de que a los bacilos les guste el agua. Algunos pensaron que Vishniac sólo conseguiría ahogar a sus marcianitos. Pero la ventaja de la Trampa del Lobo es que no imponía condiciones a los microbios marcianos sobre lo que debían hacer con su comida. Solamente tenían que crecer. Los demás experimentos formulaban suposiciones concretas sobre gases que los microbios iban a desprender o absorber, suposiciones que eran poco más que conjeturas.

La Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA), que dirige el programa de exploración planetario de los Estados Unidos, es propensa a recortar con frecuencia y de un modo imprevisible los presupuestos. Sólo en raras ocasiones hay incrementos imprevistos en los presupuestos. Las actividades científicas de la NASA tienen un apoyo gubernamental muy poco efectivo, y la ciencia es con frecuencia la víctima propiciatoria cuando hay que retirar dinero de la NASA. En 1971 se decidió que debía eliminarse uno de los cuatro experimentos microbiológicos y se cargaron la Trampa del Lobo. Esto fue una decepción abrumadora para Vishniac, que había dedicado doce años a esta investigación.

Muchos en su lugar se hubieran largado airadamente del Equipo Biológico del Viking. Pero Vishniac era un hombre apacible y perseverante. Decidió que como mejor podía servir a la causa de buscar vida en Marte era trasladándose al medio ambiente que en la Tierra más se parecía al de Marte: los valles secos de la Antártida. Algunos investigadores habían estudiado ya el suelo de la Antártida y llegaron a la conclusión de que los pocos microbios que pudieron encontrar no eran realmente nativos de los valles secos, sino que habían sido transportados

allí por el viento desde otros ámbitos más clementes. Vishniac recordó los experimentos con los Botes marcianos , consideró que la vida era tenaz y que la Antártida era perfectamente consecuente con la microbiología. Pensó que si los bichitos terrestres podían vivir en Marte, también podían hacerlo en la Antártida, que era mucho más cálida y húmeda, y que tenía más oxígeno y mucha menos luz ultravioleta. Y a la inversa, pensó que encontrar vida en los valles secos de la Antártida mejoraría a su vez las posibilidades de vida en Marte. Vishniac creía que las técnicas experimentales utilizadas anteriormente para deducir la existencia de microbios no indígenas en la Antártida eran imperfectas. Los nutrientes eran adecuados para el comfortable ámbito de un laboratorio microbiológico universitario, pero no estaban preparados para el árido desierto polar. Así pues, el 8 de noviembre de 1973, Vishniac, su nuevo equipo

microbiológico, y un compañero geólogo fueron trasladados en helicóptero desde la Estación de Mc Murdo hasta una zona próxima al Monte Balder, un valle seco de la cordillera Asgard. Su sistema consistía en implantar las pequeñas estaciones microbiológicas en el suelo de la Antártida y regresar un mes más tarde a recogerlas. El 10 de diciembre de 1973 salió para recoger muestras en el Monte Balder; su partida se fotografió desde unos tres kilómetros de distancia. Fue la última vez que alguien le vio vivo. Dieciocho horas después su cuerpo fue descubierto en la base de un precipicio de hielo. Se había aventurado en una zona no explorada con anterioridad, parece ser que resbaló en el hielo y cayó rodando y dando saltos a lo largo de 150 metros. Quizás algo llamó su atención, un probable hábitat de microbios, por ejemplo, o una mancha verde donde no tenía que haber ninguna. Jamás lo sabremos. En el pequeño cuaderno marrón que llevaba aquel día, el último apunte dice Recuperada la estación 202. 10 de diciembre de 1973. 22.30 horas. Temperatura del suelo, 10°. Temperatura del aire, 1611 . Había sido una temperatura típica de verano en Marte.

Muchas de las estaciones microbiológicas de Vishniac están aún instaladas en la Antártida. Pero las muestras *recogidas* fueron examinadas, siguiendo sus métodos, por sus colegas profesionales y sus amigos. Se encontró, en prácticamente cada lugar examinado, una amplia variedad de microbios que habrían sido indetectables con técnicas de tanteo convencionales. Su viuda, Helen Simpson Vishniac, descubrió entre sus muestras una nueva especie de levadura, aparentemente exclusiva de la Antártida. Grandes rocas traídas de la Antártida por esa expedición, y examinadas por Imre Friedmann, resultaron tener una fascinante microbiología: a uno o dos milímetros de profundidad dentro de la roca, las algas habían colonizado un mundo diminuto, en el cual quedaban aprisionadas pequeñas cantidades de agua y se hacían líquidas. Un lugar como éste hubiera sido más interesante todavía en Marte, porque la luz visible necesaria para la fotosíntesis penetraría hasta esa profundidad, pero la luz ultravioleta bactericida quedaría por lo menos parcialmente atenuada.

Como el plan de una misión espacial queda concluido muchos años antes del lanzamiento, y debido a la muerte de Vishniac, los resultados de sus experimentos antárticos no influyeron en el sistema seguido por el Viking para

buscar vida en Marte. En general, los experimentos microbiológicos no se llevaron a cabo en la baja temperatura marciana, y la mayoría no preveían tiempos largos de incubación. Todos ellos formulaban suposiciones bastante concretas sobre cómo tenía que ser el metabolismo marciano. No había posibilidad de buscar vida dentro de las rocas.

Cada vehículo de aterrizaje del Viking iba equipado con un brazo de muestreo para sacar material de la superficie y retirarlo lentamente hacia el interior de la nave espacial, a fin de transportar luego las partículas en pequeñas tolvas, como un tren eléctrico, hacia cinco experimentos diferentes: uno sobre la química inorgánica del suelo, otro para buscar moléculas orgánicas en el polvo y en la arena, y tres para buscar vida microbiana. Cuando buscamos vida en un planeta formulamos ciertas suposiciones. Intentamos en la medida de lo posible no dar por sentado que la vida será en otras partes como la de aquí. Pero lo que podemos hacer tiene sus límites. Sólo conocemos de modo detallado la vida en la Tierra. Los experimentos biológicos del Viking suponen un primer esfuerzo de exploración pero no representan en absoluto una búsqueda definitiva de vida en Marte. Los resultados han sido tentadores, fastidiosos, provocativos, estimulantes, y por lo menos hasta hace poco, no han llevado a ninguna conclusión definitiva.

Cada uno de los tres experimentos microbiológicos responde a un tipo de pregunta, pero siempre a una pregunta sobre el metabolismo marciano. Si hay microorganismos en el suelo de Marte, deben ingerir alimento y desprender gases de desecho; o deben de tomar gases de la atmósfera y convertirlos, quizás con la ayuda de luz solar, en materiales utilizables. Por lo tanto, llevamos comida a Marte confiando en que los marcianos, suponiendo que haya alguno, la encuentren sabrosa. Luego esperamos que se desprenda del suelo algún nuevo gas interesante. O bien suministramos nuestros propios gases marcados radiactivamente para ver si se convierten en materia orgánica, en cuyo caso deducimos la existencia de pequeños marcianos.

De acuerdo con los criterios fijados antes del lanzamiento, dos de los tres experimentos microbiológicos del Viking parecen haber dado resultados positivos. Primero, al mezclar el suelo marciano con una sopa orgánica de la Tierra, algo del suelo descompuso químicamente la sopa; casi como si hubiera microbios respirando y metabolizando un paquete de comida de la Tierra. Segundo, al introducir los gases de la Tierra en la muestra del suelo marciano, los gases se combinaron químicamente con el suelo; casi como si hubiera microbios fotosintetizadores, que generaron materia orgánica a partir de los gases atmosféricos. Los resultados positivos de la microbiología marciana se obtuvieron en siete muestreos diferentes y en dos lugares de Marte separados por 5 000 kilómetros de distancia.

Pero la situación es compleja, y quizás los criterios de éxito experimental fueron inadecuados. Se hicieron enormes esfuerzos para montar los experimentos microbiológicos del Viking y ponerlos a prueba con toda una variedad de microbios. Pero se trabajó muy poco para calibrar los experimentos con probables materiales inorgánicos de la superficie de Marte. Marte no es la

Tierra. Como nos recuerda el legado de Percival Lowell, podemos muy bien engañarnos. Quizás el suelo marciano contiene una química inorgánica exótica, capaz por sí misma y en ausencia de microbios marcianos, de oxidar las materias comestibles. Quizás hay algún catalizador inorgánico especial en el suelo, no vivo, capaz de atrapar gases atmosféricos y convertirlos en moléculas orgánicas.

Experimentos recientes sugieren que quizás sea así. En la gran tormenta de polvo marciana del año 1971, el espectrómetro infrarrojo del Mariner 9 obtuvo datos espectrales del polvo. Al analizar ese espectro, O. B. Tollon, J. B. Pollack y yo nos encontramos con que ciertos rasgos parecían responder mejor a la montmorillonita y a otros tipos de arcilla. Observaciones posteriores por el vehículo de aterrizaje del Viking apoyan la identificación de las arcillas arrastradas por el viento en Marte. Ahora bien, A. Banin y J. Rishpon se han encontrado con que podían reproducir algunos de los aspectos claves tanto los que parecían fotosíntesis como los que parecían respiración de los experimentos microbiológicos positivos del Viking, si en los experimentos de laboratorio ponían tales arcillas en lugar del suelo marciano. Las arcillas tienen una superficie activa compleja, propensa a absorber y a emitir gases y a catalizar reacciones químicas. Es demasiado pronto para decir que todos los resultados microbiológicos del Viking pueden explicarse por la química inorgánica, pero un resultado de este tipo ya no nos sorprendería. La hipótesis de la arcilla no excluye de ningún modo que haya vida en Marte, pero nos lleva realmente a un punto tal que nos permite decir que no hay pruebas convincentes para la microbiología en Marte.

Incluso así, los resultados de Banin y Rishpon son de una gran importancia biológica, pues demuestran que a pesar de la ausencia de vida puede haber un tipo de suelo que haga algunas de las cosas que hace la vida. Es posible que en la Tierra, antes de haber vida, ya hubiera habido procesos químicos en el suelo semejantes a los ciclos de respiración y fotosíntesis, que quizás luego incorporó la vida al nacer. Además, sabemos que las arcillas de montmorillonita son un potente catalizador para la combinación de aminoácidos en cadenas moleculares más largas, semejantes a las proteínas. Las arcillas de la Tierra primitiva pueden haber sido la foda de la vida, y la química del Marte actual puede ofrecer claves esenciales sobre el origen y la historia inicial de la vida en nuestro planeta.

La superficie marciana muestra muchos cráteres de impacto, cada uno llamado según el nombre de una persona, normalmente de un científico. El cráter Vishniac está situado de modo idóneo en la región antártica de Marte. Vishniac no dijo que hubiese vida en Marte, simplemente que era posible, y que era extraordinariamente importante saber si la había. Si existe vida en Marte, tendremos una oportunidad única para poner a prueba la generalidad de nuestra forma de vida. Y si no hay vida en Marte, un planeta bastante similar a la Tierra, debemos entender el porqué; ya que en ese caso, como recalcó Vishniac, tenemos la clásica confrontación científica del experimento y del control.

El descubrimiento de que los resultados microbiológicos del Viking pueden ser explicados por las arcillas, de que no implican necesariamente la existencia de

vida, ayuda a resolver otro misterio: el experimento de química orgánica del Viking no manifestó ni rastro de materia orgánica en el suelo de Marte. Si hay vida en Marte, ¿dónde están los cuerpos muertos? No pudo hallarse molécula orgánica alguna; ni los bloques constructivos de proteínas y de ácidos nucleicos, ni hidrocarburos simples, es decir, ningún rastro de la sustancia de la vida en la Tierra. No es necesariamente una contradicción, porque los experimentos microbiológicos del Viking son un millar de veces más sensibles (por átomo de carbono equivalente) que los experimentos químicos del Viking, y parece que detectan materia orgánica sintetizada en el suelo marciano. Pero esto no deja mucho margen. El suelo terrestre está cargado con residuos orgánicos de organismos vivos anteriormente; el suelo de Marte tiene menos materia orgánica que la superficie de la Luna. Si nos aferramos a la hipótesis de vida, podemos suponer que los cuerpos muertos han sido destruidos por la superficie de Marte, que es químicamente reactiva y oxidante, como un germen en una botella de peróxido de hidrógeno; o que hay vida, pero de una clase en la cual la química orgánica juega un papel menos básico que el que tiene en la vida de la Tierra.

Pero esta última alternativa me parece un argumento especioso: soy, aunque me pese, un declarado chauvinista del carbono. El carbono abunda en el Cosmos. Construye moléculas maravillosamente complejas, buenas para la vida. También soy un chauvinista del agua. El agua constituye un sistema solvente ideal para que pueda actuar en él la química orgánica, y permanece líquida en una amplia escala de temperaturas. Pero a veces me pregunto: ¿Es posible que mi cariño por estos materiales se deba, en cierto modo, a que estoy compuesto principalmente por ellos? ¿Estamos basados en el carbono y en el agua porque esos materiales eran abundantes en la Tierra cuando apareció en ella la vida? ¿Es posible que la vida en otro lugar en Marte, por ejemplo esté compuesta de sustancias distintas?

Yo soy un conjunto de agua, de calcio y de moléculas orgánicas llamado Carl Sagan. Tú eres un conjunto de moléculas casi idénticas, con una etiqueta colectiva diferente. Pero, ¿es eso todo? ¿No hay nada más aparte de las moléculas? Hay quien encuentra esta idea algo degradante para la dignidad humana. Para mí es sublime que nuestro universo permita la evolución de maquinarias moleculares tan intrincadas y sutiles como nosotros.

Pero la esencia de la vida no son tanto los átomos y las simples moléculas que nos constituyen como la manera de combinarse entre sí. De vez en cuando alguien nos recuerda que las sustancias químicas que forman el cuerpo humano cuestan noventa y siete centavos o diez dólares o alguna cifra de este tipo; es algo deprimente descubrir que nuestros cuerpos están tan poco valorados. Sin embargo, estas estimaciones son válidas sólo para los seres humanos reducidos a sus componentes más simples posibles. Nosotros estamos constituidos principalmente por agua, que apenas cuesta nada; el carbono se valora en forma de carbón; el calcio de nuestros huesos en forma de yeso; el nitrógeno de nuestras proteínas en forma de aire (también barato); el hierro de nuestra sangre en forma de clavos herrumbrosos. Si sólo supiésemos esto, podríamos sentir la

tentación de reunir todos los átomos que nos constituyen, mezclarlos en un gran recipiente y agitar. Podemos estar todo el tiempo que queramos haciéndolo. Pero al final lo único que conseguiremos es una aburrida mezcla de átomos. ¿Qué otra cosa podíamos esperar'!

Harold Morowitz ha calculado lo que costaría reunir los constituyentes *moleculares* correctos que componen un ser humano, comprando las moléculas en casas de suministros químicos. La respuesta resulta ser de diez millones de dólares aproximadamente, lo cual debería de hacernos sentir a todos un poco mejor. Pero ni aún así podríamos mezclar esas sustancias químicas y ver salir del bote a un ser humano. Eso está muy por encima de nuestras posibilidades, y lo estará probablemente durante un período muy largo de tiempo. Afortunadamente hay otros métodos menos caros y más seguros de hacer seres humanos.

Pienso que las formas de vida de muchos mundos estarán compuestas en principio por los mismos átomos que tenemos aquí, quizás también por muchas de las mismas moléculas básicas, como proteínas y ácidos nucleicos; pero combinados de modos desconocidos. Quizás si hay organismos flotando en las densas atmósferas planetarias tendrán una composición atómica muy parecida a la nuestra, pero es posible que carezcan de huesos y que por lo tanto no necesiten mucho calcio. Quizás en otros lugares se utilice un solvente diferente del agua. El ácido fluorhídrico puede servir bastante bien, aunque no haya una gran cantidad de flúor en el Cosmos; el ácido fluorhídrico causaría mucho daño al tipo de moléculas de que estamos hechos; pero otras moléculas orgánicas, las ceras de parafina, por ejemplo, se mantienen perfectamente estables en su presencia. El amoníaco líquido resultaría un sistema solvente todavía mejor, ya que el amoníaco es muy abundante en el Cosmos. Pero sólo es líquido en mundos mucho más fríos que la Tierra o que Marte. El amoníaco es normalmente un gas en la Tierra, como le sucede al agua en Venus. O quizás haya cosas vivas que no tienen ningún sistema solvente: una vida de estado sólido donde en lugar de moléculas flotando hay señales eléctricas que se propagan.

Pero estas suposiciones no salvan la idea de que los experimentos del vehículo de aterrizaje Viking indican la presencia de vida en Marte. En ese mundo bastante parecido a la Tierra, con abundancia de carbono y de agua, la vida, si es que existe, debería estar basada en la química orgánica. Los resultados de química orgánica, como los resultados fotográficos y microbiológicos, coinciden todos ellos en que a finales de los setenta no hay vida en las partículas finas de Crise y Utopía. Quizás a algunos milímetros de profundidad bajo las rocas (como en los valles secos de la Antártida), o en algún otro lugar del planeta, o en una época anterior, de clima más benigno. Pero no en el lugar y en el momento en que nosotros buscábamos.

La exploración de Marte por el Viking constituye una misión de la mayor importancia histórica; es la primera búsqueda seria de otros posibles tipos de vida, la primera supervivencia de una nave espacial funcionando durante más de una hora en cualquier otro planeta (el Viking 1 sobrevivió durante años), el origen

de una rica cosecha de datos de geología, sismología, mineralogía, meteorología y media docena más de ciencias de otro mundo.

¿Cómo deberíamos proseguir estos espectaculares avances? Algunos científicos quieren enviar un aparato automático capaz de aterrizar, sacar muestras del suelo y devolverlas a la Tierra, para examinarlas con gran detalle en los grandes y complejos laboratorios de la Tierra y no en los limitados laboratorios microminiaturizados que podemos enviar a Marte. De este modo podrían resolverse la mayor parte de las ambigüedades que comportan los experimentos microbiológicos del Viking. Podríamos determinar la química y la mineralogía del suelo; podríamos abrir las rocas en busca de vida subsuperficial; podríamos realizar cientos de pruebas en busca de química orgánica y de vida, incluyendo exámenes microscópicos directos, en una amplia gama de condiciones. Podríamos utilizar incluso las técnicas de tanteo de Vishniac. Una misión así resultaría bastante cara, pero probablemente entra dentro de nuestras capacidades tecnológicas.

Sin embargo, se nos plantea un nuevo problema: la contaminación de retorno. Si deseamos examinar en la Tierra muestras del suelo marciano en busca de microbios, no podemos por supuesto esterilizar de antemano las muestras. El objetivo de la expedición es traerlas vivas hasta aquí. Pero, ¿y entonces qué? ¿Podrían plantear un riesgo para la salud pública los microorganismos marcianos llegados a la Tierra? Los marcianos de H. G. Wells y de Orson Welles no se dieron cuenta hasta que fue demasiado tarde que sus defensas inmunológicas resultaban inútiles contra los microbios de la Tierra. ¿Es posible lo contrario? El problema es serio y difícil. Puede que no haya micromarcianos. Si existen, quizás podamos comernos un kilo sin sufrir efectos negativos. Pero no es seguro, y está en juego algo muy valioso. Si queremos llevar a la Tierra muestras marcianas sin esterilizar, hay que disponer de un sistema de contención asombrosamente seguro. Hay naciones que desarrollan y almacenan reservas de armas bacteriológicas. Parece que han sufrido accidentes ocasionales, pero sin producir todavía, según creo, pandemias globales: quizás sea posible enviar sin riesgo muestras marcianas a la Tierra. Quisiera estar muy seguro antes de proyectar una misión para el envío a la Tierra de estas muestras. Hay otro modo de investigar Marte y todo el conjunto de delicias y descubrimientos que nos reserva este planeta heterogéneo. La emoción más constante que sentía al trabajar con las imágenes del vehículo de aterrizaje Viking fue la frustración provocada por nuestra inmovilidad. Inconscientemente empecé a pedir a la nave espacial que se pudiese al menos de puntillas, como si este laboratorio diseñado para la inmovilidad, se negara obstinadamente a dar un miserable saltito. ¡Cómo nos hubiese gustado quitar aquella duna con el brazo de muestreo, buscar vida debajo de aquella roca, comprobar si aquella cresta lejana era la muralla de un cráter! Sabía además que no muy lejos, hacia el sudeste, estaban los cuatro sinuosos canales de Crise. Los resultados del Viking eran tentadores y provocativos, pero yo conocía un centenar de lugares en Marte mucho más interesantes que nuestras zonas de aterrizaje. El instrumento ideal es un vehículo de exploración capaz de llevar a cabo experimentos avanzados,

especialmente en el campo de la imagen, de la química y de la biología. La NASA está desarrollando prototipos de tales vehículos exploradores: saben por sí solos pasar sobre las rocas, evitar la caída en un barranco, salir de lugares difíciles. Entra dentro de nuestras posibilidades depositar un vehículo de exploración en Marte capaz de echar un vistazo a su entorno, descubrir el lugar más interesante de su campo de visión, y estar allí a la mañana siguiente. Cada día un nuevo lugar, una travesía compleja y zigzagueante por la variada topografía de este atractivo planeta.

Los beneficios científicos de una misión tal serían enormes, aunque no haya vida en Marte. Podríamos pasearnos por los antiguos valles fluviales, subir las laderas de una de las grandes montañas volcánicas, atravesar los extraños terrenos escalonados de las terrazas polares heladas, o acercarnos hasta las llamativas pirámides de Marte . 4 El interés público en tal misión sería considerable. Cada día llegaría una nueva serie de imágenes a las pantallas de televisión de nuestras casas. Podríamos trazar la ruta, ponderar lo descubierto, sugerir nuevos destinos. El viaje sería largo y el vehículo de exploración obedecería a las órdenes radiadas desde la Tierra. Contaríamos con mucho tiempo para incorporar al plan de la misión nuevas y buenas ideas. Mil millones de personas podrían participar en la exploración de otro mundo.

El área de la superficie de Marte equivale exactamente a la de la tierra firme en la Tierra. Es evidente que un reconocimiento completo nos ocupará durante siglos. Pero llegará un día en que Marte esté totalmente explorado; cuando aeronaves automáticas lo hayan cartografiado desde lo alto, cuando los vehículos de exploración hayan registrado con minuciosidad su superficie, cuando sus muestras hayan llegado sin peligro a la Tierra, cuando los hombres se hayan paseado por las arenas de Marte. ¿Y entonces qué? ¿Qué haremos con Marte?

Hay tantos ejemplos de abuso humano de la Tierra que el mero hecho de formular esta pregunta da escalofríos. Si hay vida en Marte creo que no deberíamos hacer nada con el planeta. Marte pertenecería entonces a los marcianos, aunque los marcianos fuesen sólo microbios. La existencia de una biología independiente en un planeta cercano es un tesoro incalculable y creo que la conservación de esa vida debe reemplazar a cualquier otra posible utilización de Marte. Sin embargo, supongamos que Marte no tiene vida. El planeta no constituye una fuente plausible de materias primas porque durante muchos siglos el flete desde Marte a la Tierra será demasiado caro. Pero, ¿podríamos vivir en Marte? ¿Podríamos en algún sentido hacer habitable Marte? Se trata sin duda de un mundo encantador, pero desde nuestro limitado punto de vista hay muchas cosas inadecuadas en Marte, principalmente la escasa abundancia de oxígeno, la ausencia de agua líquida y el elevado flujo ultravioleta (las bajas temperaturas no suponen un obstáculo insuperable, como demuestran las estaciones científicas que funcionan todo el año en la Antártida). Todos estos problemas se podrían solventar si pudiésemos hacer más aire. Con presiones atmosféricas mayores sería posible tener agua líquida. Con más oxígeno podríamos respirar la atmósfera, y se formaría ozono que protegería la



superficie de la radiación solar ultravioleta. Los canales sinuosos, las placas polares superpuestas y otras pruebas indican que Marte tuvo alguna vez una atmósfera más densa. Es improbable que esos gases hayan escapado de Marte. Están, por lo tanto, en algún lugar del planeta. Algunos se han combinado químicamente con las rocas de la superficie.

Algunos están en la subsuperficie helada. Pero la mayoría pueden estar en los actuales casquetes polares de hielo.

Para evaporar los casquetes tenemos que calentarlos; quizás podríamos cubrirlos con un polvo oscuro, que los calentara al absorber más luz solar, lo contrario de lo que hacemos en la Tierra cuando destruimos bosques y prados. Pero el área superficial de los casquetes es muy grande. Se precisarían 1200 cohetes Satumo 5 para transportar el polvo necesario desde la Tierra a Marte; incluso así los vientos podrían eliminar el polvo de los casquetes polares. Un sistema mejor sería inventar algún material oscuro capaz de realizar copias de sí mismo, una pequeña máquina de polvo que entregaríamos a Marte y que se dedicaría a reproducirse por todo el casquete polar utilizando los materiales indígenas. Hay una categoría de máquinas como éstas. Las llamamos plantas. Algunas son muy duras y resistentes. Sabemos que hay por lo menos algunos microbios terrestres que pueden sobrevivir en Marte. Se necesita un programa de selección artificial y de ingeniería genética de las plantas oscuras quizás líquenes que puedan sobrevivir en el ambiente mucho más severo de Marte. Si pudiésemos criar tales plantas, podríamos imaginárnoslas sembradas en las grandes extensiones de los casquetes polares de Marte, echando raíces, creciendo, ennegreciendo los casquetes de hielo, absorbiendo la luz solar, calentando el hielo, y liberando a la vieja atmósfera marciana de su largo cautiverio. Incluso podemos imaginarnos una reencarnación de; pionero norteamericano Johnny Appleseed marciano, robot o persona, que recorría los desiertos helados de los polos cumpliendo una tarea que beneficiaría solamente a las futuras generaciones de humanos.

Este concepto general se llama terraformación: el cambio de un paisaje extraño por otro más adecuado a los seres humanos. Durante miles de años los hombres con cambios en el efecto de invernadero y en el albedo, sólo han conseguido perturbar la temperatura global de la Tierra un grado aproximadamente, aunque si sigue el ritmo actual de quema de combustibles fósiles y de destrucción de los bosques y praderas podremos cambiar la temperatura de la Tierra un grado más en sólo un siglo o dos. Estas y otras consideraciones sugieren que la escala temporal de una terraformación significativa en Marte es probablemente de cientos a miles de años. En una época futura con una tecnología muy avanzada podríamos desear no solamente incrementar la presión atmosférica total y posibilitar la presencia de agua líquida, sino también conducir agua líquida desde los casquetes polares en fusión hasta las regiones ecuatoriales más calientes. Hay desde luego un método para esto: construir canales.

El hielo en fusión de la superficie y de la subsuperficie sería transportado a través de una gran red de canales. Pero esto fue propuesto, erróneamente, por

Percival Lowell no hace aún cien años, como un hecho real que sucedía ya en Marte. Tanto Lowell como Wallace comprendieron que el carácter relativamente inhóspito de Marte se debía a la escasez de agua. Bastaba disponer de una red de canales para remediar esta escasez, y la habitabilidad de Marte se convertía en una realidad. Lowell realizó sus observaciones en unas condiciones visuales muy difíciles. Otros, como Schiaparelli, habían observado ya algo parecido a canales; recibieron el nombre de *canal*; antes de que Lowell iniciara la relación amorosa que mantuvo con Marte toda su vida. Los seres humanos tienen un talento manifiesto para engañarse a sí mismos cuando se ven afectadas sus emociones, y hay pocos conceptos más conmovedores que la idea de un planeta vecino habitado por seres inteligentes.

Es posible en cierto modo que el poder de la idea de Lowell resulte una especie de premonición. Su red de canales fue construida por los marcianos. Incluso puede que esto sea una profecía correcta: si alguna vez se terraforma aquel planeta, será una obra realizada por hombres cuya residencia permanente y su afiliación planetaria será Marte. Los marcianos seremos nosotros.

## Capítulo 6. Historias de viajeros.

¿Existen muchos mundos o existe sólo un único mundo? Ésta es una de las más nobles y elevadas cuestiones planteadas en el estudio de la Naturaleza.

ALBERTO MAGNO, siglo trece

En las primeras edades del mundo, los habitantes de una isla cualquiera se consideraban los únicos habitantes de la Tierra, o en caso de que hubiera otros, no podían concebir que llegaran nunca a establecer comercio con ellos, porque estaban separados por el profundo y ancho mar, pero las épocas posteriores conocieron la invención del barco... Del mismo modo, quizás puedan inventarse otros medios de transporte para trasladarse a la Luna... Nos falta ahora un Drake o un Colón capaz de emprender este viaje, o un Dédalo que invente un transporte por el aire. Sin embargo, no dudo que el tiempo, que continúa siendo el padre de las verdades futuras y que nos ha revelado muchas cosas que nuestros antepasados ignoraban, también manifestará a nuestros sucesores lo que nosotros ahora deseamos saber y no podemos.

JOHN WILKINS, *El descubrimiento de un mundo en la Luna, 1638*

Podemos ascender por encima de esta Tierra insípida, y contemplándola desde lo alto considerar si la Naturaleza ha volcado sobre esta pequeña mota de polvo todas sus galas y riquezas. De este modo, al igual que los viajeros que visitan otros países lejanos, estaremos más capacitados para juzgar lo que se ha hecho en casa, para poderlo estimar de modo real, y dar su justo valor a cada cosa.

Cuando sepamos que hay una multitud de Tierras tan habitadas y adornadas como la nuestra, estaremos menos dispuestos a admirar lo que este nuestro mundo llama grandeza y desdeñaremos generosamente las banalidades en las que deposita su afecto la generalidad de los hombres.

**CHRISTIAAN HUYGENS, *Los mundos celestiales descubiertos*, hacia 1690**

Ésta es la época en que los hombres han comenzado a navegar por los mares del espacio. Las naves modernas que surcan las trayectorias keplerianas hacia los planetas van sin tripulación. Son robots semi inteligentes, maravillosamente contruidos, que exploran mundos desconocidos. Los viajes al sistema solar exterior se controlan desde un único lugar del planeta Tierra, el Laboratorio de Propulsión a Chorro de la Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio en Pasadena, California.

El 9 de julio de 1979, una nave espacial llamada Voyager 2 llegó al sistema de Júpiter. Había estado navegando casi dos años a través del espacio interplanetario. La nave está hecha de millones de piezas separadas montadas de modo redundante, para que si falla algún componente otros se hagan cargo de sus responsabilidades. La nave espacial pesa 0,9 toneladas y llenaría una sala de estar grande. Su misión le lleva tan lejos del Sol que no puede obtener su energía de él, como otras naves. El Voyager cuenta por ello con una pequeña planta de energía nuclear, que extrae cientos de watios de la desintegración radiactiva de una pastilla de plutonio. Sus tres computadores integrados y la mayoría de sus funciones de mantenimiento por ejemplo, el sistema de control de temperatura están localizados en el centro. Recibe órdenes de la Tierra y radia sus descubrimientos hacia la Tierra a través de una gran antena de 3,7 m de diámetro. La mayoría de sus instrumentos científicos están en una plataforma de exploración, que va apuntando hacia Júpiter o a alguna de sus lunas cuando la nave espacial pasa disparada por su lado. Hay muchos instrumentos científicos espectrómetros ultravioleta e infrarrojo, aparatos para medir las partículas cargadas, los campos magnéticos y las emisiones de radio de Júpiter , pero los más productivos han sido las dos cámaras de televisión, preparadas para tomar decenas de miles de imágenes de las islas planetarias del sistema solar exterior.

Júpiter está rodeado por una cáscara de partículas cargadas de alta energía, invisibles pero muy peligrosas. La nave espacial debe pasar a través del límite exterior de este cinturón de radiaciones para examinar de cerca a Júpiter y sus lunas, y para continuar su misión hacia Saturno y más allá. Pero las partículas cargadas pueden estropear los delicados instrumentos y quemar la electrónica. Júpiter está también rodeado, como descubrió hace cuatro meses el Voyager 1, por un anillo de escombros sólidos, que el Voyager 2 tuvo que atravesar. Una colisión con una pequeña piedra podía haber enviado a la nave espacial dando tumbos violentamente y fuera de control, incapaz de enfocar su antena y de entrar en contacto con la Tierra, y con sus datos perdidos para siempre. Poco antes del Encuentro, los controladores de la misión estaban intranquilos. Hubo

algunas alarmas y emergencias, pero la inteligencia combinada de los hombres de la Tierra y de los robots del espacio evitó el desastre.

Fue lanzado el 20 de agosto de 1977, recorrió luego una trayectoria arqueada que le llevó más allá de la órbita de Marte y le hizo atravesar el cinturón de asteroides para acercarse al sistema de Júpiter y abrirse paso entre el planeta y sus más o menos catorce lunas. El paso del Voyager cerca de Júpiter lo aceleró y lo envió hacia Saturno. La gravedad de Saturno lo empujará luego hacia Urano. Después de Urano continuará alejándose más allá de Neptuno, abandonará el sistema solar y se convertirá en una nave espacial interestelar, condenada para siempre a errar por el gran océano interestelar.

Estos viajes de exploración y descubrimientos son los últimos de una larga serie que han caracterizado y dado categoría a la historia humana. En los siglos quince y dieciséis, se podía ir de España a las Azores en unos cuantos días, el mismo tiempo que ahora se tarda en cruzar el canal que separa la Tierra de la Luna. Se tardaba entonces unos cuantos meses en atravesar el océano Atlántico y alcanzar el llamado Nuevo Mundo, las Américas. Hoy se tardan unos cuantos meses en atravesar el océano del sistema solar interior y realizar aterrizajes planetarios en Marte o en Venus, que de modo verídico y literalmente son nuevos mundos que nos esperan. En los siglos diecisiete y dieciocho se podía viajar de Holanda a China en un año o dos, el tiempo que se ha tardado en viajar de la Tierra a Júpiter. Los costes anuales eran, en comparación, más altos que ahora, pero en ambos casos inferiores al uno por ciento del correspondiente producto nacional bruto. Nuestras actuales naves espaciales con sus tripulaciones robots son los precursores, las vanguardias de futuras expediciones humanas a los planetas. Hemos recorrido este camino antes.

Los siglos quince al diecisiete representan un gran momento decisivo de nuestra historia. Empezó a quedar claro que podíamos aventurarnos a cualquier lugar de nuestro planeta. Naves intrépidas de media docena de naciones europeas se dispersaron por todos los océanos. Hubo muchas motivaciones para estos viajes: la ambición, la codicia, el orgullo nacional, el fanatismo religioso, la remisión de penas, la curiosidad científica, la sed de aventuras, la imposibilidad de encontrar un buen empleo en Extremadura. Estos viajes hicieron mucho mal y también mucho bien. Pero el resultado neto ha sido dejar unida a toda la Tierra, disminuir el provincialismo, unificar la especie humana y avanzar enérgicamente en el conocimiento de nuestro planeta y de nosotros mismos.

La República revolucionaria holandesa del siglo diecisiete es un paradigma de la época de exploraciones y descubrimientos navales. Se había declarado recientemente independiente del poderoso Imperio español, y por ello abrazó con más fuerza que cualquier otro país europeo de su época la Ilustración europea. Fue una sociedad racional, ordenada, creativa. Pero al estar cerrados los puertos y los barcos españoles a los buques holandeses, la supervivencia económica de la diminuta república dependía de su capacidad por construir, tripular, y desplegar una gran flota destinada a la navegación comercial.

La Compañía Holandesa de las Indias Orientales, una empresa conjunta del gobierno y la iniciativa privada, envió barcos a los rincones más lejanos del mundo para adquirir mercancías raras y revenderlas provechosamente en Europa. Estos viajes fueron la sangre viva de la República. Las cartas y los mapas de navegación se consideraban secretos de estado. Con frecuencia los barcos embarcaban con órdenes selladas. Los holandeses hicieron de repente su aparición en todo el planeta. El mar de Barents en el océano Ártico y Tasmania en Australia tienen el nombre de capitanes de barco holandeses. Estas expediciones no eran simples empresas de explotación comercial, aunque de eso hubo mucho. Entraban en ellas poderosos elementos de aventura científica, y la obsesión por descubrir nuevas tierras, nuevas plantas y animales, nuevos pueblos; la búsqueda del conocimiento en sí.

El Ayuntamiento de Amsterdam refleja la imagen confiada y secular que tenía de sí la Holanda del siglo dieciséis. Se precisaron naves enteras cargadas de mármol para construirlo. Constantijn Huygens, un poeta y diplomático de la época, dijo que el Ayuntamiento dejaba de lado la miseria y el bizqueo del gótico. En el Ayuntamiento hay todavía hoy una estatua de Atlas sosteniendo los cielos adornados con constelaciones. Debajo está la Justicia, de pie entre la Muerte y el Castigo, blandiendo una espada de oro y las balanzas, y pisando a la Avaricia y a la Envidia, los dioses de los mercaderes. Los holandeses, cuya economía estaba basada en el beneficio privado, comprendieron sin embargo que la búsqueda desenfadada del beneficio suponía una amenaza para el alma de la nación.

Un símbolo menos alegórico puede encontrarse debajo de Atlas y de la Justicia, en el suelo del Ayuntamiento. Un gran mapa embutido, que data de finales del siglo diecisiete o principios del dieciocho, y alcanza desde África occidental hasta el océano Pacífico. El mundo entero era un escenario para Holanda. Y en este mapa los holandeses, con una modestia encantadora se omitieron a sí mismos, utilizando sólo el viejo nombre latino de Belgium para la parte de Europa que les correspondía.

En un año corriente muchos barcos partían para recorrer medio mundo, navegaban descendiendo por la costa occidental de África, atravesaban el mar que ellos llamaban Etíope, doblaban la costa sur de África, pasaban entre los estrechos de Madagascar, alcanzaban la punta más meridional de la India, y se dirigían finalmente a uno de sus puntos de mayor interés: las Islas de las Especies, la actual Indonesia. Algunas expediciones fueron desde allí hasta una tierra bautizada Nueva Holanda y llamada hoy Australia. Unos cuantos se aventuraron por los estrechos de Malaca, bordearon Filipinas y llegaron a China. Lo sabemos por una relación de mediados del siglo diecisiete que describe una Embajada de la Compañía de las Indias Orientales de las Provincias Unidas de los Países Bajos, al Gran Tártaro Cham, Emperador de la China. Los ciudadanos, embajadores y capitanes de mar holandeses quedaron patidifusos al encontrarse cara a cara con otra civilización en la Ciudad Imperial de Pekín.<sup>2</sup> Holanda no había sido ni volvió a ser una potencia mundial de tal magnitud. Era un país pequeño, obligado a vivir de su propio talento, y que infundía a su

política extranjera un fuerte aire pacifista. Su gran tolerancia por las opiniones no ortodoxas le convirtió en un paraíso para los intelectuales que huían de la censura y del control de pensamiento practicado en el resto de Europa; del mismo modo los EE. UU. se beneficiaron enormemente del éxodo de intelectuales que huían en los años treinta de la Europa dominada por los nazis. Así, en el siglo diecisiete Holanda fue el hogar del gran filósofo judío Espinoza, admirado por Einstein; de Descartes, una figura primordial en la historia de las matemáticas y de la filosofía; y de John Locke, un científico político que influyó sobre un grupo de revolucionarios de inclinación filosófica llamados Paine, Hamilton, Adams, Franklin y Jefferson. Nunca, ni antes ni después, ha estado Holanda adornada con una galaxia tal de artistas y de científicos, de filósofos y de matemáticos. Fue la época de los maestros pintores Rembrandt, Vermeer y Frans Hals; de Leeuwenhoek, el inventor del microscopio; de Willebrord Snell, que descubrió la ley de la refracción de la luz.

La Universidad de Leiden, siguiendo la tradición holandesa de apoyar la libertad de pensamiento, ofreció una cátedra a un científico italiano llamado Galileo, a quien la Iglesia católica había obligado bajo amenaza de tortura a retractarse de su herética afirmación de que la Tierra se movía alrededor del Sol y no al revés.<sup>3</sup> Galileo mantenía relaciones intensas con Holanda, y su primer telescopio astronómico fue el perfeccionamiento de un catalejo de diseño holandés. Con él descubrió manchas solares, las fases de Venus, los cráteres de la Luna, y las cuatro grandes lunas de Júpiter llamadas, por este motivo, satélites galileanos. La descripción que el propio Galileo hace de sus dolores eclesiásticos está contenida en una carta que escribió en el año 1615 a la gran duquesa Cristina: Como bien sabe vuestra Serena Majestad, hace algunos años descubrí en los cielos muchas cosas que no se habían visto antes de nuestra época. La novedad de estas cosas, y algunas consecuencias que de ellas se derivaban en contradicción con las nociones físicas comúnmente sostenidas por los filósofos académicos, han excitado contra mí a un no pequeño número de profesores (muchos de ellos eclesiásticos), como si yo hubiese colocado con mis propias manos esas cosas en el cielo a fin de trastocar la Naturaleza y de trastocar las ciencias. Parecen olvidar que el incremento en las verdades estimula la investigación, la fundación y el desarrollo de las artes.

La conexión entre Holanda como potencia exploradora y Holanda como centro cultural e intelectual fue muy fuerte. El perfeccionamiento de los barcos fomentó todo tipo de tecnología. La gente disfrutaba trabajando con sus manos. Los inventos se apreciaban. El avance tecnológico exigía la búsqueda del conocimiento lo más libre posible, y así Holanda se convirtió en el principal editor y librero de Europa, traduciendo trabajos escritos en otras lenguas y permitiendo la publicación de libros prohibidos en otros países. Las aventuras en países exóticos y los encuentros con sociedades extrañas pusieron en tela de juicio la satisfacción propia, retaron a los pensadores a reconsiderar la sabiduría convencional y demostraron que ideas aceptadas durante milenios en geografía, por ejemplo eran fundamentalmente erróneas. En una época en que reyes y emperadores mandaban en casi todo el mundo, la República Holandesa estaba

más ,gobernada por el pueblo que cualquier otra nación. El carácter abierto de su sociedad y el estímulo que daba a la vida del pensamiento, su bienestar material y sus ansias de exploración y de utilización de nuevos mundos, generaron una alegre confianza en la empresa humana.

En Italia, Galileo había anunciado otros mundos, y Giordano Bruno había especulado sobre otras formas de vida. Por esto sufrieron brutalmente. Pero en Holanda, el astrónomo Christiaan Huygens, que creía en ambas cosas, fue colmado de honores. Su padre era Constantijn Huygens, un diplomático importante de la época, literato, poeta, compositor, músico, amigo íntimo y traductor del poeta inglés John Donne, y cabeza de una gran familia arquetípica. Constantijn admiraba al pintor Rubens y descubrió a un joven artista llamado Rembrandt van Rijn, en varios de cuyos trabajos apareció con posterioridad. Después de su primer encuentro, Descartes escribió de él: Apenas podía creer que una sola mente pudiera ocuparse de tantas cosas, y estar tan bien preparada en todas ellas. La casa de Huygens estaba llena de bienes procedentes de todas partes del mundo. Pensadores distinguidos de otras naciones eran con frecuencia sus huéspedes. El joven Christiaan Huygens, que crecía en este ambiente, se iba haciendo simultáneamente experto en lenguas, dibujo, derecho, ciencias, ingeniería, matemáticas y música. Sus intereses y lealtades eran amplios. El mundo es mi patria decía , la ciencia mi religión.

La luz era un tema de la época: la ilustración simbólica de la libertad de pensamiento y de religión, de los descubrimientos geográficos; la luz que impregnaba las pinturas de la época, especialmente el exquisito trabajo de Vermeer; y la luz como objeto de investigación científica, como el estudio de la refracción por Snell, el invento del microscopio por Leeuwenhoek y la teoría ondulatorio de la luz del propio Huygens.<sup>6</sup> Eran actividades relacionadas, y sus practicantes se trataban libremente. Es significativo que los interiores de Vermeer están cargados de artefactos náuticos y mapas murales. Los microscopios eran curiosidades de salón. Leeuwenhoek fue el albacea testamentario de Vermeer, y un visitante frecuente de la mansión de Huygens en Hofwijck.

El microscopio de Leeuwenhoek se desarrolló a partir de la lupa utilizada por los lenceros para examinar la calidad de la tela. Con él se descubrió un universo en una gota de agua: los microbios, a los que llamó animálculos y que calificó de lindos . Huygens había construido el diseño del primer microscopio y él mismo realizó muchos descubrimientos con él. Leeuwenhoek y Huygens fueron de las primeras personas que vieron células de esperma humano, un requisito previo para comprender la reproducción humana. Huygens, para explicar el lento desarrollo de micro organismos en agua previamente esterilizada por ebullición, propuso que eran tan pequeños que podían flotar por el aire y reproducirse al posarse en el agua. De este modo ofreció una alternativa a la generación espontánea: la teoría según la cual la vida puede surgir en el zumo de uva fermentado o en carne en descomposición, con total independencia de la vida preexistente. La especulación de Huygens no demostró ser correcta hasta la época de Louis Pasteur, dos siglos después. La búsqueda de vida en Marte por

el Viking deriva en más de una línea de Leeuwenhoek y de Huygens. También son los abuelos de la teoría del germen en la enfermedad, y por lo tanto de parte de la medicina moderna. Pero ellos no buscaban resultados prácticos. Ellos se limitaban a manipular un poco dentro de la sociedad tecnológica.

El microscopio y el telescopio, desarrollados ambos en Holanda, a principios del siglo diecisiete, representan una ampliación de las perspectivas humanas hacia los reinos de lo muy pequeño y de lo muy grande. Nuestras observaciones de los átomos y de las galaxias comenzaron en esa época y en ese lugar. Christiaan Huygens disfrutaba desbastando y puliendo las lentes de telescopios astronómicos, y construyó uno de cinco metros de longitud. Sus descubrimientos con el telescopio bastarían para asegurarle un lugar en la historia de los logros humanos. Fue la primera persona que, siguiendo las huellas de Eratóstenes, midió el tamaño de otro planeta. Fue también el primero en conjeturar que Venus está cubierto totalmente de nubes; el primero en dibujar un accidente de la superficie de Marte (una gran ladera oscura azotada por el viento llamada Syrtis Major); y fue el primero que, al observar la aparición y desaparición de tales rasgos mientras el planeta giraba, determinó que el día marciano tenía, como el nuestro, una duración de unas veinticuatro horas. Fue el primero en reconocer que Saturno está rodeado por un sistema de anillos que no tocan en ningún punto al planeta. <sup>7</sup> Y fue el descubridor de Titán, la mayor luna de Saturno y, como sabemos ahora, la luna mayor del sistema solar; un mundo de extraordinario interés y porvenir. Realizó la mayoría de estos descubrimientos antes de los treinta años. También pensaba que la astrología era una tontería.

Huygens hizo mucho más. Un problema clave para la navegación marítima en aquella época era la determinación de la longitud. La latitud se podía determinar fácilmente por las estrellas; cuanto más al sur se estaba, más constelaciones meridionales se podían ver. Pero la longitud necesitaba de un cronómetro preciso. Un exacto reloj a bordo marcaría el tiempo del puerto de partida; la salida y puesta de Sol y de las estrellas determinaría el tiempo local de a bordo; y la diferencia entre los dos tiempos daría la longitud. Huygens inventó el reloj de péndulo (su principio fue descubierto con anterioridad por Galileo), que se utilizó, aunque no con éxito absoluto, para calcular la posición en medio del gran océano. Sus esfuerzos introdujeron una exactitud sin precedentes en las observaciones astronómicas y científicas en general, y estimularon adelantos posteriores en los relojes náuticos. Inventó el resorte espiral de balancín utilizado aún hoy en algunos relojes; realizó contribuciones fundamentales a la mecánica por ejemplo, el cálculo de la fuerza centrífuga. Y a la teoría de la probabilidad, basándose en un estudio del juego de los dados. Perfeccionó la bomba de aire, que revolucionó después la industria minera, y la linterna mágica, el antecesor del proyector de diapositivas.

También inventó un llamado motor de pólvora, que influyó en el desarrollo de otra máquina, el motor de vapor.

A Huygens le encantaba que la visión copernicana de la Tierra como planeta en movimiento alrededor del Sol fuese ampliamente compartida por la gente común



de Holanda. De hecho, decía, Copérnico era aceptado por todos los astrónomos excepto por los que eran algo torpes o estaban sometidos a las supersticiones impuestas por autoridades meramente humanas. En la Edad Media, los filósofos cristianos solían decir con gusto que los cielos difícilmente podían ser infinitos puesto que daban una vuelta a la tierra cada día, por lo tanto un número infinito de mundos, o incluso un gran número de ellos (o incluso otro mundo más), era algo imposible. El descubrimiento de que la Tierra gira en lugar de moverse el cielo tiene aplicaciones importantes para la unicidad de la Tierra y la posibilidad de vida en otros lugares. Copérnico mantenía que no sólo el sistema solar, sino el universo entero era heliocéntrico, y Kepler negaba que las estrellas tuvieran sistemas planetarios. La primera persona que atinó explícitamente la idea de un gran número de hecho un número infinito de otros mundos en órbita alrededor de otros soles, parece haber sido Giordano Bruno. Pero otros pensaron que la pluralidad de mundos se seguía inmediatamente de las ideas de Copérnico y de Kepler y quedaron horrorizados. A principios del siglo diecisiete, Robert Merton dijo que la hipótesis heliocéntrica implicaba una multitud de otros sistemas planetarios, y que éste era un argumento de los llamados de reducción al absurdo (apéndice I), que demostraba el error de una suposición inicial. Su argumento, que en cierto modo pudo haber parecido mordaz, acaba así:

Si el firmamento es de tan incomparable magnitud, como le atribuyen esos gigantes cooperaciones.... tan vasto y lleno de innumerables estrellas, hasta ser de una extensión infinita... ¿no podemos suponer también que... esas estrellas infinitas visibles en el firmamento son otros tantos soles, con sus correspondientes centros fijos, y que tienen asimismo sus correspondientes planetas subordinados, como tiene el Sol los suyos danzando tranquilos a su alrededor?... Hay por lo tanto infinitos mundos habitados; ¿qué lo impide?... a estos y otros intentos parecidos, osados e insolentes, a estas paradojas prodigiosas deben seguir las correspondientes inferencias, si se acepta lo que... Kepler y otros afirman del movimiento de la Tierra.

Pero la Tierra se mueve. Merton, si hoy viviese, estaría obligado a deducir mundos infinitos, habitables. Huygens no se acobardó por esa conclusión, él la aceptó alegremente: a través del mar del espacio, las estrellas son otros soles. Huygens razonó por analogía con nuestro sistema solar que aquellas estrellas tendrían sus propios sistemas planetarios, y que muchos de esos planetas podían estar habitados: Si sólo concediésemos a los planetas vastos desiertos... y les privásemos de todas aquellas criaturas que pregonan del modo más claro su arquitectura divina, los pondríamos debajo de la Tierra en belleza y dignidad, lo cual es muy poco razonable. 8

Estas ideas se exponen en un libro extraordinario que lleva el triunfante título de *Los mundos celestiales descubiertos: Conjeturas relativas a los habitantes, plantas y producciones de los mundos en los planetas*. Compuesto poco tiempo antes de la muerte de Huygens en 1690, la obra fue admirada por muchas personas, entre ellas Pedro el Grande, que la hizo publicar en Rusia como el primer producto de la ciencia occidental. El libro trata en gran parte de la naturaleza o los ambientes de los planetas. Hay una de las láminas de la primera

edición, primorosamente impresa, en la que se ve, a escala, el Sol y los planetas gigantes Júpiter y Saturno. Son, en comparación, bastante pequeños. También hay un grabado de Saturno al lado de la Tierra: nuestro planeta es un círculo diminuto.

Huygens pensó que los ambientes y los habitantes de otros planetas eran bastante parecidos a los terráqueos del siglo diecisiete. Imaginó planetarios cuyos cuerpos enteros y cada parte de ellos pueden ser bastante distintos y diferentes de nosotros... Es una opinión muy ridícula... afirmar que es imposible que un alma racional pueda morar en otra forma distinta de la nuestra. En definitiva, uno puede ser listo aunque parezca extraño. Pero luego Huygens seguía argumentando que tampoco podían ser *muy* extraños, que debían tener manos y pies, y caminar derechos, que tendrían escritura y geometría, y que Júpiter tiene sus cuatro satélites galileanos para ayudar en la navegación por los océanos jovianos.

Huygens era por supuesto un ciudadano de su tiempo. ¿Quién de nosotros no lo es? Llamaba a la ciencia su religión, y luego afirmaba que los planetas debían estar habitados porque de lo contrario Dios hubiera hecho las cosas por nada. Como vivió antes de Darwin, sus especulaciones sobre la vida extraterrestre resultan inocentes en la perspectiva evolutiva. Pero basándose en observaciones consiguió desarrollar algo parecido a las perspectivas cósmicas modernas: Qué maravillosa y asombrosa perspectiva tenemos aquí de la inmensidad del universo... ¡Tantos soles, tantas tierras... y cada una de ellas provista con tantos animales, plantas y árboles, adornadas con tantas montañas, y mares!... ¡Y cómo debe crecer nuestro asombro y admiración cuando consideramos la distancia y la multitud prodigiosa de estrellas!

La nave espacial Voyager es el descendiente lineal de aquellos viajes navales de exploración, y de la tradición científica y especulativa de Christiaan Huygens. Los Voyager son carabelas que navegan hacia las estrellas, y que en su camino van explorando aquellos mundos que Huygens conocía y amaba tanto.

Una de las mercancías principales que llegaban en aquellos viajes de hace siglos eran los relatos de viajeros, 9 historias sobre países extraños y sobre seres exóticos que despertaban nuestra sensación de maravilla y estimulaban futuras exploraciones. Había historias de montañas que llegaban hasta el cielo, de dragones y monstruos marinos, de utensilios para comer cada día hechos de oro, de un animal con un brazo por nariz, de gente que consideraban tontas las disputas doctrinales entre protestantes, católicos, judíos y musulmanes, de una piedra negra que quemaba, de hombres sin cabeza con bocas en sus pechos, de ovejas que crecían de los árboles. Algunas de estas historias eran ciertas, otras eran mentiras. Otras tenían un núcleo de verdad, mal comprendida o exagerada por los exploradores o sus informantes. Estos relatos en manos de un Voltaire o de un Jonathan Swift estimularon una nueva perspectiva sobre la sociedad europea, obligando a reconsiderar este mundo insular.

Los Voyager modernos también nos traen relatos de viajeros, historias de un mundo roto como una esfera de cristal, de un globo cuyo suelo está cubierto de polo a polo por algo parecido a una tela de araña, de lunas diminutas en forma de

patatas, de un mundo con un océano subterráneo, de un país que huele a huevos podridos y parece una pizza, con lagos de azufre fundido y erupciones volcánicas que lanzan el humo directamente al espacio, de un planeta llamado Júpiter que deja enano al nuestro, un planeta tan grande que cabrían en él mil Tierras.

Cada uno de los satélites galileanos de Júpiter es casi tan grande como el planeta Mercurio. Podemos medir sus tamaños y masas y calcular de este modo su densidad, la cual nos da una indicación de la composición de su interior. Vemos así que los dos más interiores, Io y Europa, tienen una densidad elevada como la roca. Los otros dos, Ganímedes y Calisto, tienen una densidad muy inferior, intermedia entre la roca y el hielo. Pero la mezcla de hielo y de rocas dentro de estas lunas exteriores ha de contener, 'como sucede con las rocas de la Tierra, rastros de minerales radiactivos, que calientan sus entornos. No hay un sistema efectivo para que este calor, acumulado a lo largo de miles de millones de años, alcance la superficie y se pierda en el espacio, y por lo tanto la radiactividad del interior de Ganímedes y Calisto ha de haber fundido sus interiores helados. Creemos que hay océanos subterráneos de lodo y agua en estas lunas, lo cual nos sugiere, antes de que hayamos visto de cerca las superficies de los satélites galileanos, que pueden ser muy diferentes unos de otros. Cuando los miramos de cerca, a través de los ojos del Voyager, la predicción se cumple. No se parecen entre sí. Son diferentes de cualquier mundo que hayamos visto hasta ahora.

La nave espacial Voyager 2 no volverá nunca a la Tierra. Pero sus hallazgos científicos, sus descubrimientos épicos, sus relatos de viajero, volvieron. Tomemos por ejemplo el 9 de julio de 1979. A las 8.04 hora estándar del Pacífico en la mañana de aquel día llegaron a la Tierra las primeras imágenes de un nuevo mundo, llamado con el nombre de un mundo viejo: Europa.

¿Cómo llega hasta nosotros una imagen procedente del sistema solar exterior? La luz del sol brilla sobre Europa en su órbita alrededor de Júpiter y es reflejada de nuevo al espacio, donde una parte choca contra los fósforos de las cámaras de televisión del Voyager, generando una imagen. La imagen es leída por las computadoras del Voyager, radiada a través de la inmensa distancia de 500 millones de kilómetros a un radiotelescopio, a una estación basada en la Tierra. Hay una en España, una en el desierto Mojave de California meridional y una en Australia (en aquella mañana de julio de 1979 fue la estación australiana la que estaba apuntando hacia Júpiter y Europa). La estación pasa luego la información a través de un satélite de comunicaciones en órbita terrestre a California meridional, desde donde es retransmitida mediante un conjunto de torres de enlace por microondas a una computadora del Laboratorio de Propulsión a Chorro, donde se procesa. La imagen es básicamente idéntica a una fotografía de prensa transmitida por teléfono, y está constituida casi por un millón de puntos distintos, cada uno con un tono distinto de gris, puntos tan finos y apretados que vistos desde una cierta distancia los puntos constitutivos resultan invisibles. Sólo vemos su efecto acumulativo. La información de la nave espacial especifica el grado de brillo o de oscuridad de cada punto. Después de

ser procesados, los puntos se almacenan en un disco magnético, parecido a un disco fonográfico. En estos discos hay almacenadas unas dieciocho mil fotografías tomadas en el sistema de Júpiter por el Voyager 1 y un número equivalente tomadas por el Voyager 2. Después el producto final de este conjunto notable de enlaces de radio es una hoja delgada y brillante de papel, que muestra en este caso las maravillas de Europa, grabadas, procesadas y examinadas por primera vez en la historia humana el 9 de julio de 1979.

Lo que vimos en estas fotografías era absolutamente asombroso. El Voyager 1 obtuvo excelentes imágenes de los otros tres satélites galileanos de Júpiter, pero no de Europa. Le cupo al Voyager 2 la tarea de adquirir las primeras imágenes en primer plano de Europa, imágenes en las que vemos cosas que sólo tienen unos kilómetros de diámetro. A primera vista el lugar se parece extraordinariamente a la red de canales que Percival Lowell imaginó que adornaba a Marte, y que ahora gracias a las exploraciones con vehículos espaciales, sabemos que no existe. Vemos en Europa una red intrincada e increíble de líneas rectas y curvas que se cortan. ¿Son cordilleras, es decir terreno elevado, son cuencas, es decir terreno deprimido? ¿Cómo están hechas? ¿Forman parte de un sistema tectónico global, producido quizás por la fracturación de un planeta en expansión o en contracción? ¿Están relacionadas con la tectónica de placas de la Tierra? ¿Qué cosas permiten deducir sobre los demás satélites del sistema joviano? En el momento del descubrimiento, la tan loada tecnología había producido algo asombroso. Pero la tarea de comprenderlo corresponde a otro instrumento, el cerebro humano. Europa resulta ser tan lisa como una bola de billar a pesar de la red de alineaciones. La ausencia de cráteres de impacto puede deberse al calentamiento y flujo del hielo superficial después del impacto. Las líneas son surcos o grietas y su origen todavía se está debatiendo pasado tanto tiempo después de la misión.

Si las misiones del Voyager fueran tripuladas, el capitán tendría un cuaderno de bitácora, y el cuaderno, que combinaría los acontecimientos del Voyager 1 y 2, podría ser de este tenor:

**Día 1.** Después de muchas preocupaciones por las provisiones y los instrumentos, que al parecer no funcionaban bien, despegamos con éxito de Cabo Cañaveral emprendiendo nuestro largo viaje hacia los planetas y las estrellas.

**Día 2.** Un problema en el despliegue del brazo que sostiene la plataforma de exploración científica. Si no se resuelve el problema perderemos la mayor parte de nuestras imágenes y de los restantes datos científicos.

**Día 13.** Hemos mirado hacia atrás y hemos tomado la primera fotografía en la historia de la Tierra y la Luna juntas en el espacio. Una buena pareja.

**Día 50.** Se han encendido los motores de modo nominal para llevar a cabo una corrección de trayectoria a medio camino.

**Día 170. Funciones rutinarias de mantenimiento. Han pasado unos cuantos meses sin nada que anotar.**

**Día 185. Hemos conseguido tomar imágenes de calibración de Júpiter.**

**Día 207. Resuelto el problema del brazo, pero ha habido un fallo en el transmisor principal de radio. Hemos conectado el de reserva. Pero si éste falla nadie en la Tierra volverá a saber nada de nosotros.**

**Día 215. Cruzamos la órbita de Marte. El planeta está al otro lado del Sol.**

**Día 295. Entramos en el cinturón de asteroides. Hay por ahí muchas rocas de gran tamaño dando tumbos, que son los arrecifes y bajíos del espacio. La mayoría no están**

**cartografiados. Los vigías están en sus puestos. Confiamos evitar una colisión.**

**Día 475. Emergimos enteros del cinturón principal de asteroides, felices de continuar con vida.**

**Día 570. Júpiter empieza a crecer en el cielo. Podemos ya distinguir en su disco detalles más finos de los conseguidos hasta ahora por los mayores telescopios de la Tierra.**

**Día 615. Los colosales sistemas meteorológicos y las nubes cambiantes de Júpiter, girando en el espacio ante nosotros, nos han hipnotizado. El planeta es inmenso. Su masa es el doble de la de los demás planetas juntos. No hay montañas, ni valles, ni volcanes, ni ríos; no hay límite entre la tierra y aire, sólo un vasto océano de gas denso y de nubes a la deriva: un mundo sin superficie. Todo lo que vemos en Júpiter está flotando en su cielo.**

**Día 630. El tiempo atmosférico de Júpiter continúa siendo espectacular. Este mundo tan pesado gira sobre su eje en menos de diez horas. Sus movimientos atmosféricos están impulsados por la rápida rotación, por la luz solar y por el calor que sale a borbotones de su interior.**

**Día 640. Las formas de las nubes son distintivas y vistosas. Nos recuerdan un poco a la *Noche estrellada* de Van Gogh o a obras de William Blake o de Edvard Munch. Pero sólo un poco. Ningún artista pintó nada parecido porque ninguno de ellos salió nunca de nuestro planeta. Ningún pintor atrapado dentro de la Tierra pudo imaginar un mundo tan extraño y hermoso.**

**Observamos desde cerca los cinturones y bandas multicolores de Júpiter. Se cree que las bandas blancas son nubes altas, probablemente cristales de amoníaco; los cinturones de color marronoso son lugares más profundos y**

calientes, donde la atmósfera se está hundiendo. Los lugares azules son al parecer agujeros profundos en las nubes superiores a través de las cuales vemos un cielo claro.

Ignoramos el motivo de este color rojo marronoso de Júpiter. Quizás se deba a la química del fósforo o del azufre. Quizás se deba a moléculas orgánicas complejas de colores brillantes producidas cuando la luz ultravioleta del Sol descompone el metano, el amoníaco y el agua de la atmósfera joviana, y los fragmentos moleculares se recombinan. De ser esto así, los colores de Júpiter nos hablan de hechos químicos que hace cuatro mil millones de años condujeron allá en la Tierra al origen de la vida.

Día 647. La Gran Mancha Roja. Una gran columna de gas que llega a más altura que las nubes adyacentes, y tan grande que podría contener media docena de Tierras. Quizás es roja porque saca a relucir las moléculas complejas producidas o concentradas a profundidades mayores. Quizás sea un gran sistema tempestuoso de un millón de años de antigüedad.

Día 650. Encuentro. Un día de milagros. Hemos superado con éxito los traidores cinturones de radiación de Júpiter con sólo un instrumento dañado, el fotopolarímetro. Conseguimos cruzar el plano del anillo y no sufrimos ninguna colisión con las partículas y las rocas de los recientemente descubiertos anillos de Júpiter. Y además imágenes maravillosas de Amaltea, un mundo diminuto, rojo y oblongo que vive en el corazón del cinturón de radiaciones; de lo multicolor; de las señales lineales de Europa; los rasgos de Ganímedes, como de tela de araña, la gran cuenca de Calisto con multitud de anillos. Damos la vuelta a Calisto y pasamos por la órbita de Júpiter 13, la más exterior de las lunas conocidas del planeta. Navegamos hacia el exterior.

Día 662. Nuestros detectores de partículas y campos indican que hemos dejado atrás los cinturones de radiación de Júpiter. La gravedad del planeta ha dado un empujón a nuestra velocidad. Por fin nos hemos liberado de Júpiter y navegamos por el mar del espacio.

Día 874. Hemos perdido el enfoque de la nave con la estrella Canopo, que en la tradición de las constelaciones es el timón de un buque. También es nuestro timón, esencial para que la nave se oriente en la oscuridad del espacio, para encontrar nuestro camino en esta parte inexplorado del océano cósmico. Hemos recuperado el enfoque con Canopo. Parece ser que los sensores ópticos confundieron Alpha y Beta Centauri con Canopo. El puerto siguiente donde tocaremos dentro de dos años es el sistema de Satumo.

De entre todos los relatos de viajeros enviados por el Voyager mis favoritos se refieren a los descubrimientos realizados en el satélite galileano más interior, Io. Antes del Voyager sabíamos que algo raro pasaba con Io. Podíamos resolver

pocos rasgos en su superficie, pero sabíamos que era roja, muy roja, más roja que Marte, quizás el objeto más rojo del sistema solar. A lo largo de los años algo parecía estar cambiando en ella, en luz infrarrojo quizás en sus propiedades reflectores del radar. Sabemos también que en la posición orbital de lo y rodeando parcialmente a Júpiter había un gran tubo en forma de donut de átomos de azufre, sodio y potasio, material que en cierto modo perdía lo.

Cuando el Voyager se acercó a esta luna gigante, descubrimos una superficie multicolor y extraña, sin par en todo el sistema solar. lo está cerca del cinturón de asteroides. Tiene que haber sido aporreada a fondo durante toda su historia por rocas cayendo del espacio. Tienen que haberse creado cráteres de impacto. Y sin embargo no se puede ver ninguno. En consecuencia, tuvo que haber algún proceso en lo de gran eficiencia que borrara los cráteres o los rellenara. El proceso no podía ser atmosférico, porque la mayor parte de la atmósfera de lo ha escapado al espacio a causa de su baja gravedad. No podían ser corrientes de agua, porque la superficie de lo es demasiado fría. Había unos cuantos lugares que parecían cumbres de volcanes. Pero era difícil estar seguro.

Linda Morabito, miembro del Equipo de Navegación del Voyager encargado de mantenerlo en su trayectoria precisa, estaba ordenando de modo rutinario a una computadora que realizara una imagen del borde de lo para que aparecieran las estrellas que había detrás. Vio asombrada un penacho brillante destacándose en la oscuridad desde la superficie del satélite, y pronto determinó que el penacho estaba exactamente en la posición de uno de los supuestos volcanes. El Voyager había descubierto el primer volcán activo fuera de la Tierra. Conocemos ahora en lo nueve volcanes grandes, que escupen gases y escombros, y centenares quizás miles de volcanes extinguidos. Los escombros, rodando y fluyendo por las laderas de las montañas volcánicas y proyectados en chorros arqueados sobre el paisaje policromo, son más que suficientes para cubrir los cráteres de impacto. Estamos contemplando un paisaje planetario fresco, una superficie salida del cascarón. ¡Cómo se habrían admirado de ello Galileo y Huygens!

Los volcanes de lo fueron predichos antes de su descubrimiento por Stanton Peale y sus colaboradores, los cuales calcularon las mareas que provocarían en el interior sólido de lo las atracciones combinadas de la cercana luna Europa y del gigante planeta Júpiter. Descubrieron que las rocas del interior de lo tenían que haberse fundido, no por radiactividad sino por las mareas y que gran parte del interior de lo tenía que ser líquido. Parece probable actualmente que los volcanes de lo se alimentan de un océano subterráneo de azufre líquido, fundido y concentrado cerca de la superficie. Cuando el azufre sólido se calienta a temperatura algo superior al punto nominal de ebullición del agua, a unos 115 °, se funde y cambia de color. Cuanto más elevada es la temperatura, más oscuro el color. Si se enfría rápidamente el azufre fundido, conserva su color. La serie de colores que vemos en lo se parece mucho a lo que esperaríamos ver si de las bocas de los volcanes salieran ríos y torrentes y láminas de azufre fundido: azufre negro, el más caliente, cerca de las cimas de los volcanes; rojo y

anaranjado, incluyendo a los ríos, cerca de ellas, y grandes llanuras cubiertas por azufre amarillo a distancias mayores.

La superficie de lo está cambiando en una escala temporal de meses. Habrá que publicar, mapas regularmente, como los partes meteorológicos de la Tierra. Los futuros exploradores de lo tendrán que estar muy atentos a lo que pisan.

El Voyager descubrió que la atmósfera muy tenue y delgada de lo está compuesta principalmente de dióxido de azufre. Pero esta atmósfera delgada puede tener un fin útil, porque quizás tenga el grueso suficiente para proteger a la superficie de las partículas de carga intensa del cinturón de radiación de Júpiter donde está metido lo. De noche la temperatura baja tanto que el dióxido de azufre debería condensarse formando una especie de escarcha blanca; las partículas cargadas inmolarían entonces la superficie y probablemente sería aconsejable pasar las noches un poco enterrados.

Los grandes penachos volcánicos de lo llegan tan alto que les falta poco para inyectar directamente sus átomos en el espacio alrededor de Júpiter. Es probable que los volcanes sean la fuente del gran anillo de átomos en forma de donut que rodea a Júpiter en la posición de la órbita de lo. Estos átomos, descendiendo paulatinamente en espiral hacia Júpiter, deberían recubrir la luna interior Amaltea y quizás expliquen su coloración rojiza. Es posible incluso que el material exhalado de lo contribuya después de muchas colisiones y condensaciones al sistema de anillos de Júpiter.

Es mucho más difícil imaginar una presencia humana sustancial en el mismo Júpiter, aunque supongo que la instalación de grandes ciudades globo flotando permanentemente en su atmósfera es una posibilidad tecnológica del futuro remoto. Este mundo inmenso y variable visto desde las caras próximas de lo o de Europa llena gran parte del cielo, colgando de lo alto, sin nunca salir ni ponerse, porque casi todos los satélites del sistema solar tienen una cara girada constantemente hacia su planeta, como hace la Luna con la Tierra. Júpiter será un motivo continuo de provocación y de interés para los futuros exploradores humanos de las lunas jovianas.

Cuando el sistema solar se condensó a partir del gas y el polvo interestelares, Júpiter adquirió la mayor parte de la masa que fue proyectada hacia el espacio interestelar y que no cayó hacia adentro, hacia el Sol. Si Júpiter hubiese tenido una masa doce veces superior, la materia de su interior hubiese sufrido reacciones termonucleares, y Júpiter hubiese empezado a brillar con luz propia. El planeta mayor es una estrella fracasada. Incluso así, sus temperaturas interiores son lo bastante elevadas para emitir casi el doble de la energía que recibe del Sol. En la parte infrarrojo del espectro, podría incluso ser correcta la afirmación de que Júpiter es una estrella. Si se hubiese convertido en una estrella de luz visible, habitaríamos hoy un sistema binario o de dos estrellas, con dos soles en nuestro cielo, y las noches serían menos frecuentes, hecho esto que creo muy corriente en innumerables sistemas solares de la galaxia Vía Láctea. Sin duda encontraríamos esta circunstancia muy natural y bella.

A gran profundidad por debajo de las nubes de Júpiter el peso de las capas superiores de atmósfera produce presiones muy superiores a las existentes en la



Tierra, presiones tan grandes que los electrones salen estrujados de los átomos de hidrógeno produciendo un estado físico no observado nunca en los laboratorios terrestres, porque no se han conseguido nunca en la Tierra las presiones necesarias. (Hay esperanzas de que el hidrógeno metálico sea un superconductor a temperaturas moderadas. Si pudiese fabricarse en la Tierra constituiría una revolución en electrónica.) En el interior de Júpiter, donde las presiones son unos tres millones de veces superiores a la presión atmosférica de la superficie de la Tierra, apenas hay otra cosa que un gran océano oscuro y chapoteante de hidrógeno metálico. Pero en el núcleo mismo de Júpiter puede haber una masa de roca y de hierro, un mundo semejante a la tierra dentro de una camisa de fuerza oculto para siempre en el centro del mayor planeta.

Las corrientes eléctricas en el interior del metal líquido de Júpiter pueden ser el origen del enorme campo magnético del planeta, el mayor del sistema solar, y de su correspondiente cinturón de electrones y protones cautivos. Estas partículas cargadas son emitidas por el Sol en el viento solar y capturadas y aceleradas por el campo magnético de Júpiter. Hay un gran número de ellas atrapadas muy por encima de las nubes, condenadas a rebotar de polo a polo hasta que dan por casualidad con alguna molécula atmosférica de gran altura y quedan eliminadas del cinturón de radiación. Lo se mueve en una órbita tan cercana a Júpiter que se abre paso en medio de esta radiación intensa creando cascadas de partículas cargadas, que a su vez generan violentas descargas de energía de radio. (Pueden influir también en los procesos eruptivos de la superficie de lo.) Es posible predecir estallidos de radio procedentes de Júpiter, con mayor seguridad que las previsiones meteorológicas de la Tierra, calculando la posición de lo.

El hecho de que Júpiter sea una fuente de emisión de radio se descubrió por casualidad en los años 1950, en los primeros días de la radioastronomía. Los jóvenes norteamericanos Bernard Burke y Kenneth Franklin estaban examinando el cielo con un radiotelescopio recién construido y muy sensible para aquella época. Estaban buscando el ruido de fondo cósmico en radio: es decir, fuentes de radio situadas mucho más allá de nuestro sistema solar. Descubrieron sorprendidos la existencia de una fuente intensa y no citada hasta entonces que no parecía corresponder a ninguna estrella, nebulosa o galaxia prominente. Es más, esta fuente se iba moviendo gradualmente en relación a las estrellas distantes con una rapidez muy superior a la que podía tener un objeto remoto. 10 Después de no encontrar ninguna explicación probable de todo esto en sus mapas de Cosmos lejano, salieron un día del observatorio y miraron al cielo a simple vista para ver si pasaba algo interesante por allí arriba. Notaron, intrigados, la presencia de un objeto de brillo excepcional en el lugar correcto, que pronto identificaron como el planeta Júpiter. Digamos de paso que este descubrimiento accidental es algo muy típico en la historia de la ciencia.

Cada noche, antes del encuentro del Voyager 1 con Júpiter, podía ver yo aquel planeta gigante parpadeando en el cielo, un espectáculo que ha hecho disfrutar y maravillarse a nuestros antepasados durante un millón de años. Y en la misma noche del Encuentro, cuando iba a estudiar los datos del Voyager que iban llegando al laboratorio de Propulsión a Chorro, pensé que Júpiter ya no volvería

a ser el mismo, ya nunca sería un simple punto de luz en el cielo nocturno, sino que se había convertido para siempre en un *lugar* para explorar y conocer. Júpiter y sus lunas son una especie de sistema solar en miniatura compuesto por mundos diversos y exquisitos que tienen mucho que enseñarnos.

Saturno, por su composición y por muchos otros aspectos, es semejante a Júpiter, pero más pequeño. Da una vuelta cada diez horas y presenta una serie de bandas ecuatoriales coloreadas, que sin embargo no son tan prominentes como las de Júpiter. Tiene un campo magnético y un cinturón de radiaciones más débil que Júpiter y un conjunto más espectacular de anillos circumplanetarios. Y también está rodeado por una docena de satélites, o más.

La más interesante de las lunas de Saturno parece ser Titán, la luna mayor del sistema solar y la única que posee una atmósfera sustancial. Antes del encuentro del Voyager 1 con Titán en noviembre de 1980, nuestra información sobre Titán era escasa pero tentadora. El único gas conocido cuya presencia estaba fuera de dudas era el metano,  $\text{CH}_4$ , descubierto por G. P. Kuiper. La luz ultravioleta del sol convierte el metano en moléculas de hidrocarburo más complejas y en gas hidrógeno. Los hidrocarburos tendrían que quedarse en Titán, cubriendo la superficie con un lodo orgánico alquitranado y marronoso, algo parecido al que se obtiene con los experimentos sobre el origen de la vida en la Tierra. El gas hidrógeno, ligero, debería escapar rápidamente hacia el espacio gracias a la baja gravedad de Titán, mediante un proceso violento llamado *soplido*, que debería arrastrar consigo al metano y a otros constituyentes atmosféricos. Pero Titán tiene una presión atmosférica por lo menos igual a la del planeta Marte. No parece que exista este soplido. Quizás haya un elemento atmosférico constituyente importante y todavía por descubrir por ejemplo nitrógeno que mantiene a un nivel elevado el peso molecular medio de la atmósfera e impide el soplido. O quizás haya soplido pero los gases que se pierden en el espacio sean sustituidos por otros gases emitidos por el interior del satélite. La densidad del conjunto de Titán es tan baja que ha de haber una gran reserva de agua y de otros hielos, entre ellos probablemente el metano, los cuales son liberados a la superficie por el calentamiento interno, a un ritmo desconocido.

Cuando examinamos Titán con el telescopio vemos un disco rojizo, apenas perceptible. Algunos observadores han informado de la presencia de nubes blancas variables sobre este disco, muy probablemente nubes de cristales de metano. Pero ¿cuál es la causa de la coloración rojiza? La mayoría de los especialistas en Titán están de acuerdo en que la explicación más probable es que sean moléculas orgánicas complejas. Todavía se discute la temperatura superficial y el grueso de la atmósfera. Hay algunos indicios de una temperatura superficial superior a causa de un efecto de invernadero atmosférico. Titán, que dispone de abundantes moléculas orgánicas en su superficie y en su atmósfera, es un habitante notable y único del sistema solar. La historia de nuestros pasados viajes de descubrimiento sugiere que las misiones de reconocimiento del Voyager y de otras naves espaciales revolucionarán nuestro conocimiento de este lugar.

A través de un claro en las nubes de Titán se podrían vislumbrar Saturno y sus anillos, con su color amarillo pálido, difuminado por la atmósfera interpuesta. El sistema de Saturno está a una distancia del Sol diez veces superior a la de la Tierra, y por lo tanto la luz solar en Titán tiene sólo un uno por ciento de la intensidad a la que estamos acostumbrados, y la temperatura debería estar muy por debajo del punto de congelación del agua, aunque el efecto de invernadero atmosférico fuera importante. Pero la abundancia de materia orgánica, luz solar y quizás puntos calientes volcánicos hace que no pueda eliminarse fácilmente la posibilidad de que haya vida en Titán. 1 En un medio ambiente tan diferente, tendría que ser, como es lógico, muy distinta de la vida de la Tierra. No hay pruebas fuertes, ni a favor ni en contra, de la vida en Titán. Es simplemente algo posible. Pero no es probable que determinemos la respuesta a esta pregunta sin antes hacer aterrizar vehículos espaciales con instrumentos sobre la superficie de Titán.

Si queremos examinar las partículas individuales que componen los anillos de Saturno tenemos que aproximarnos mucho a ellas, porque las partículas son pequeñas: bolas de nieve, pedazos de hielo y diminutos glaciares, de un metro más o menos. Sabemos que están compuestos de hielo de agua, porque las propiedades espectrales de la luz solar reflejada por los anillos corresponden muy bien a las del hielo en las mediciones de laboratorio. Para aproximarnos a las partículas en un vehículo espacial tenemos que reducir nuestra velocidad, a fin de desplazarnos con ellos mientras dan la vuelta a Saturno a unos 72 000 kilómetros por hora; es decir, que tenemos que ponernos nosotros mismos en órbita alrededor de Saturno, desplazándonos a la misma velocidad que las partículas. Sólo entonces podremos distinguirlos individualmente y no como simples manchas o rayas.

¿A qué se debe que no haya un único gran satélite en lugar de un sistema de anillos alrededor de Saturno? Cuanto más cerca está de Saturno una partícula del anillo, más alta es su velocidad orbital (más rápidamente va cayendo alrededor del planeta: tercera ley de Kepler); las partículas interiores van más rápidas que las exteriores (nosotros diríamos que el carril para avanzar está siempre a la izquierda). Aunque todo el conjunto se está precipitando alrededor del mismo planeta a unos veinte kilómetros por segundo, la velocidad *relativa* de dos partículas adyacentes es muy baja, sólo unos cuantos centímetros por minuto. A causa de este movimiento relativo las partículas no pueden llegar a pegarse por su gravedad mutua. Cuando lo intentan, sus velocidades orbitales, ligeramente distintas, las separan inmediatamente. Si los anillos no estuvieran tan próximos a Saturno, este efecto no sería tan intenso, y las partículas podrían aglomerarse, formando pequeñas bolas de nieve que crecerían formando eventualmente satélites. Por lo tanto probablemente no es una coincidencia que en el exterior de los anillos de Saturno haya un sistema de satélites cuyo tamaño varía desde unos cuantos centenares de kilómetros de diámetro hasta Titán, una luna gigante casi tan grande como el planeta Marte. La materia de todos los satélites y de los mismos planetas pudo estar al principio distribuida en forma de

anillos, que se condensaron y acumularon formando las actuales lunas y planetas.

Al igual que sucede en Júpiter el campo magnético de Saturno captura y acelera las partículas cargadas del viento solar. Cuando una partícula cargada rebota de un polo magnético al otro, ha de cruzar el plano ecuatorial de Saturno. Si hay una partícula del anillo en su camino, el protón o electrón es absorbido por esta pequeña bola de nieve. En consecuencia los anillos de ambos planetas van limpiando los cinturones de radiación, que existen solamente en el interior y el exterior de los anillos de partículas. Una luna próxima a Júpiter o a Saturno se engullirá también las partículas del cinturón de radiación, y de hecho una de las nuevas lunas de Saturno se descubrió de este modo: el Pioneer 11 encontró un vacío inesperado en los cinturones de radiación, causado por el barrido de partículas cargadas que llevaba a cabo una luna desconocida anteriormente.

El viento solar se va difundiendo hacia el sistema solar exterior mucho más lejos de la órbita de Saturno. Cuando el Voyager alcance a Urano y las órbitas de Neptuno y de Plutón, si los instrumentos continúan funcionando es casi seguro que captarán su presencia, el viento entre los mundos, la parte superior de la atmósfera del Sol impulsada hacia el exterior, hacia el reino de las estrellas. A una distancia dos o tres veces superior a la que separa Plutón del Sol, la presión de los protones y electrones interestelares supera a la minúscula presión ejercida allí por el viento solar. Este lugar, llamado la heliopausa, es una definición de la frontera exterior del Imperio del Sol. Pero la nave espacial Voyager continuará adelante, penetrará en la heliopausa a mitades del siglo veintiuno y entrará surcando el océano del espacio, sin que vuelva a entrar más en otro sistema solar, destinado a errar por toda la eternidad lejos de las islas estelares y a completar su primera circunnavegación del centro masivo de la Vía Láctea dentro de unos cuantos centenares de millones de años. Nos hemos embarcado en viajes épicos.

## Capítulo 7.

### El espinazo de la noche.

Llegaron a un agujero redondo en el cielo... que resplandecía como el fuego. Esto, dijo el Cuervo, era una estrella.

### *Mito esquimal de la creación*

Preferiría comprender una sola causa que ser Rey de Persia.

### DEMÓCRITO DE ABDERA

Pero Aristarco de Samos sacó un libro conteniendo algunas hipótesis, en el cual las premisas conducían al resultado de que el tamaño del universo es muchas

veces superior a lo que ahora recibe este nombre. Sus hipótesis son que las estrellas fijas y el Sol se mantienen inmóviles, que la Tierra gira alrededor del Sol en la circunferencia de un círculo, con el Sol situado en el centro de la órbita, y que la esfera de las estrellas fijas, situada alrededor del mismo centro que el Sol, es tan grande que el círculo en el cual supone que gira la Tierra está en la misma proporción a la distancia de las estrellas fijas que el centro de la esfera a su superficie.

*Arquímedes, El calculador de arena*

Si se diera una fiel relación de las ideas del Hombre sobre la Divinidad, se vería obligado a reconocer que la palabra dioses se ha utilizado casi siempre para expresar las causas ocultas, remotas, desconocidas, de los efectos que presenciaba; que aplica este término cuando la fuente de lo natural, la fuente de las causas conocidas, deja de ser visible: tan pronto como pierde el hilo de estas causas, o tan pronto como su mente se ve incapaz de seguir la cadena, resuelve la dificultad, da por terminada su investigación, y lo atribuye a sus dioses... Así pues, cuando atribuye a sus dioses la producción de algún fenómeno... ¿hace algo más, de hecho, que sustituir la oscuridad de su mente por un sonido que se ha acostumbrado a oír con un temor reverenciar?

PAUL HEINRICH DIETRICH, barón Von Holbach,  
*Système de la Nature*, Londres 1770

cuando Yo ERA Pequeño vivía en la sección de Bensonhurst de Brooklyn, en la ciudad de Nueva York. Conocía a fondo todo mi vecindario inmediato, los edificios, los palomares, los patios, las escalinatas de entrada, los descampados, los olmos, las barandas ornamentales, los vertederos de carbón y las paredes para jugar al frontón, entre ellas la fachada de ladrillo de un teatro llamado Loew's Stillwell, que era inmejorable. Sabía dónde vivía mucha gente: Bruno y Dino, Ronald y Harvey, Sandy, Bemie, Danny, Jackie y Myra. Pero pasadas unas pocas travesías, al norte de la calle 86, con su retumbante tráfico de coches y su tren elevado, se extendía un territorio extraño y desconocido, que quedaba fuera de mis vagabundeas. Sabía yo tanto de aquellas zonas como de Marte.

Aunque me fuera pronto a la cama, en invierno se podía ver a veces las estrellas. Me las miraba y las veía parpadeantes y lejanas; me preguntaba qué eran. Se lo preguntaba a niños mayores y a adultos, quienes se limitaban a contestar: Son luces en el cielo, chaval. Yo ya veía que eran luces en el cielo, pero ¿qué eran? ¿Eran sólo lamparitas colgando de lo alto? ¿Para qué estaban allí? Me inspiraban una especie de pena: era un tópico cuya extrañeza de algún modo no afectaba a mis indiferentes compañeros. Tenía que haber alguna respuesta más profunda.

Cuando tuve la edad correspondiente mis padres me dieron mi primera tadeta de lector. Creo que la biblioteca estaba en la calle 85, un territorio extraño. Pedí

inmediatamente a la bibliotecaria algo sobre las estrellas. Ella volvió con un libro de fotografías con los retratos de hombres y mujeres cuyos nombres eran Clark Gable y Jean Harlow. Yo me quejé, y por algún motivo que entonces no entendí ella sonrió y me buscó otro libro: el libro que yo quería. Lo abrí ansiosamente y lo leí hasta encontrar la respuesta: el libro decía algo asombroso, una idea enorme. Decía que las estrellas eran soles, pero soles que estaban muy lejos. El Sol era una estrella, pero próxima a nosotros.

Imaginemos que cogemos el Sol y lo vamos alejando hasta quedar convertido en un puntito parpadeante de luz. ¿A qué distancia habría que desplazarlo? En aquel entonces yo desconocía la noción de tamaño angular. Desconocía la ley del cuadrado inverso para la propagación de la luz. No tenía ni la más remota posibilidad de calcular la distancia a las estrellas. Pero podía afirmar que si las estrellas eran soles, tenían que estar a una distancia muy grande: más lejos que la calle 85, más lejos que Manhattan, más lejos probablemente que Nueva Jersey. El Cosmos era mucho mayor de lo que yo había supuesto.

Más tarde leí otra cosa asombrosa. La Tierra, que incluye a Brooklyn, es un planeta, y gira alrededor del Sol. Hay otros planetas. También giran alrededor del Sol; algunos están cerca de él y otros más lejos. Pero los planetas no brillan por su propia luz, como le sucede al Sol. Se limitan a reflejar la luz del Sol. Si uno se sitúa a una gran distancia le será imposible ver la Tierra, y los demás planetas; quedarán convertidos en puntos luminosos muy débiles perdidos en el resplandor del Sol. Bueno, en este caso, pensé yo, lo lógico era que las demás estrellas también tuvieran planetas, planetas que todavía no hemos detectado, y algunos de estos planetas deberían tener vida (¿por qué no?), una especie de vida probablemente diferente de la vida que conocemos aquí, en Brooklyn. Decidí pues que yo sería astrónomo, que aprendería cosas sobre las estrellas y los planetas y que si me era posible iría a visitarlos.

Tuve la inmensa fortuna de contar con unos padres y con algunos maestros que apoyaron esta ambición rara, y de vivir en esta época, el primer momento en la historia de la humanidad en que empezamos a visitar realmente otros mundos y a efectuar un reconocimiento a fondo del Cosmos. Si hubiese nacido en otra época muy anterior, por grande que hubiese sido mi dedicación no hubiese entendido qué son las estrellas y los planetas. No habría sabido que hay otros soles y otros mundos. Es éste uno de los mayores secretos, un secreto arrancado a la naturaleza después de un millón de años de paciente observación y de especulación audaz por parte de nuestros antepasados.

¿Qué son las estrellas? Preguntas de este tipo son tan naturales como la sonrisa de un niño. Siempre las hemos formulado. Nuestra época se diferencia en que por fin conocemos algunas de las respuestas. Los libros y las bibliotecas constituyen medios fáciles para descubrir las respuestas. En biología hay un principio de aplicación poderosa, aunque imperfecta, que se llama recapitulación: en el desarrollo embrionario de cada uno de nosotros vamos siguiendo los pasos de la historia evolutiva de la especie. Creo que en nuestros propios desarrollos intelectuales existe también una especie de recapitulación.

Seguimos inconscientemente los pasos de nuestros antepasados remotos. Imaginemos una época anterior a la ciencia, una época anterior a las bibliotecas. Imaginemos una época situada a cientos de miles de años en el pasado. Éramos más o menos igual de listos, igual de curiosos, igual de activos en lo social y lo sexual. Pero todavía no se habían hecho experimentos, todavía no se habían hecho inventos. Era la infancia del género Homo. Imaginemos la época en que se descubrió el fuego. ¿Cómo eran las vidas de los hombres en aquel entonces? ¿Qué eran para nuestros antepasados las estrellas? A veces pienso, fantaseando, que hubo alguien que pensaba del modo siguiente:

Comemos bayas y raíces. Nueces y hojas. Y animales muertos. Algunos son animales que encontramos. Otros los cazamos. Sabemos qué alimentos son buenos y cuáles son peligrosos. Si comemos algunos alimentos caemos al suelo castigados por haberlo hecho. Nuestra intención no era hacer nada malo. Pero la dedalera y la cicuta pueden matarte. Nosotros amamos a nuestros hijos y a nuestros amigos. Les advertimos para que no coman estos alimentos.

Cuando cazamos animales, es posible que ellos nos maten a nosotros. Nos pueden comer. O pisotear. O comer. Lo que los animales hacen puede significar la vida y la muerte para nosotros; su comportamiento, los rastros que dejan, las épocas de aparejarse y de parir, las épocas de vagabundeo. Tenemos que saber todo esto. Se lo contamos a nuestros hijos. Ellos se lo contarán luego a los suyos.

Dependemos de los animales. Les seguimos: sobre todo en invierno cuando hay pocas plantas para comer. Somos cazadores itinerantes y recolectores. Nos llamamos pueblo de cazadores.

La mayoría de nosotros se pone a dormir bajo el cielo o bajo un árbol o en sus ramas. Utilizamos para vestir pieles de animal: para calentarnos, para cubrir nuestra desnudez y a veces de hamaca. Cuando llevamos la piel del animal sentimos su poder. Saltamos con la gacela. Cazamos con el oso. Hay un lazo entre nosotros y los animales. Nosotros cazamos y nos comemos a los animales. Ellos nos cazan y se nos comen. Somos parte los unos de los otros. Hacemos herramientas y conseguimos vivir. Algunos de nosotros saben romper las rocas, escamarlas, aguzarías y pulirlas, y además encontrarlas. Algunas rocas las atamos con tendones de animal a un mango de madera y hacemos un hacha. Con el hacha golpeamos plantas y animales. Atamos otras rocas a palos largos. Si nos estamos quietos y vigilantes a veces podemos aproximarnos a un animal y clavarle una lanza.

La carne se echa a perder. A veces estamos hambrientos y procuramos no damos cuenta. A veces mezclamos hierbas con la carne mala para ocultar su gusto. Envolvemos los alimentos que no se echan a perder con trozos de piel de animal. O con hojas grandes. O en la cáscara de una nuez grande. Es conveniente guardar comida y llevarla consigo. Si comemos estos alimentos demasiado pronto, algunos morirán más tarde de hambre. Tenemos pues que ayudarnos los unos a los otros. Por éste y por muchos otros motivos tenemos unas regias. Todos han de obedecer las reglas. Siempre hemos tenido regias. Las reglas son sagradas.

Un día hubo una tormenta con muchos relámpagos y truenos y lluvia. Los pequeños tienen miedo de las tormentas. Y a veces tengo miedo incluso yo. El secreto de la tormenta está oculto. El trueno es profundo y potente; el relámpago es breve y brillante. Quizás alguien muy poderoso esté muy irritado. Creo que ha de ser alguien que esté en el cielo.

Después de la tormenta hubo un chisporroteo y un crujido en el bosque cercano. Fuimos a ver qué pasaba. Había una cosa brillante, caliente y movediza, amarilla y roja. Nunca habíamos visto cosa semejante. Ahora le llamamos 'llama'. Tiene un olor especial. En cierto modo es una cosa viva. Come comida. Si se le deja come plantas y brazos de árboles, incluso árboles enteros. Es fuerte. Pero no es muy lista. Cuando acaba toda su comida se muere. Es incapaz de andar de un árbol a otro a un tiro de lanza si no hay comida por el camino. No puede andar sin comer. Pero allí donde encuentra mucha comida crece y da muchas llamas hijas.

Uno de nosotros tuvo una idea atrevida y terrible: capturar la llama, darle un poco de comer y convertirla en amiga nuestra. Encontramos algunas ramas largas de madera dura. La llama empezó a comérselas, pero lentamente. Podíamos agarrarlas por la punta que no tenía llama. Si uno corre deprisa con una llama pequeña, se muere. Sus hijos son débiles. Nosotros no corrimos. Fuimos andando, deseándole a gritos que le fuera bien. 'No te mueras' decíamos a la llama. Los otros cazadores nos miraban con ojos asombrados.

Desde entonces siempre la hemos llevado con nosotros. Tenemos una llama madre para alimentar lentamente a la llama y que no muera de hambre. 1 La llama es una maravilla, y además es útil; no hay duda que es un regalo de seres poderosos. ¿Son los mismos que los seres enfadados de la tormenta?

La llama nos calienta en las noches frías. Nos da luz. Hace agujeros en la oscuridad cuando la Luna es nueva. Podemos reparar las lanzas de noche para la caza del día siguiente. Y si no estamos cansados podemos ver los unos a los otros y conversar incluso en las tinieblas. Además y esto es algo muy bueno el fuego mantiene alejados a los animales. Porque de noche pueden hacer daño. A veces se nos han comido incluso animales pequeños, como hienas y lobos. Ahora esto ha cambiado. Ahora la llama mantiene a raya a los animales. Les vemos aullando suavemente en la oscuridad, merodeando con sus ojos relucientes a la luz de la llama. La llama les asusta. Pero nosotros no estamos asustados con ella. La llama es nuestra. Cuidamos de ella. La llama cuida de nosotros.

El cielo es importante. Nos cubre, nos habla. Cuando todavía no habíamos encontrado la llama nos estirábamos en la oscuridad y mirábamos hacia arriba, hacia todos los puntos de luz. Algunos puntos se juntaban y hacían una figura en el cielo. Uno de nosotros podía ver las figuras mejor que los demás. Él nos enseñó las figuras de estrellas y los nombres que había que darles. Nos quedábamos sentados hasta muy tarde en la noche y explicábamos historias sobre las figuras del cielo: leones, perros, osos, cazadores. Otros, cosas más



extrañas. ¿Es posible que fueran las figuras de los seres poderosos del cielo, los que hacen las tormentas cuando se enfadan?

En general el cielo no cambia. Un año tras otro hay allí las mismas figuras de estrellas. La Luna crece desde nada a una tajada delgada y hasta una bola redonda, y luego retorna a la nada. Cuando la Luna cambia, las mujeres sangran. Algunas tribus tienen reglas contra el sexo en algunos días del crecimiento y la mengua de la Luna. Algunas tribus marcan en huesos de cuerno los días de la Luna o los días en que las mujeres sangran. De este modo pueden preparar planes y obedecer sus reglas. Las reglas son sagradas.

Las estrellas están muy lejos. Cuando subimos a una montaña o escalamos un árbol no quedan más cerca. Y entre nosotros y las estrellas se interpolen nubes: las estrellas han de estar detrás de las nubes. La Luna, mientras avanza lentamente pasa delante de las estrellas. Luego se ve que las estrellas no han sufrido ningún daño. La Luna no se come las estrellas. Las estrellas han de estar detrás de la Luna. Parpadean. Hacen una luz extraña, fría, blanca, lejana. Muchas son así. Por todo el cielo. Pero sólo de noche. Me pregunto qué son.

Estaba una noche después de encontrar la llama sentado cerca del fuego del campamento pensando en las estrellas. Me vino lentamente un pensamiento: las estrellas son llama, pensé. Luego tuve otro pensamiento: las estrellas son fuegos de campamento que encienden otros cazadores de noche. Las estrellas dan una luz más pequeña que la de los fuegos de campamento. Por lo tanto han de ser fuegos de campamento muy lejanos. Ellos me preguntan: '¿Pero cómo puede haber fuegos de campamento en el cielo? ¿Por qué no caen a nuestros pies estos fuegos de campamento y estos cazadores sentados alrededor de las llamas? ¿Por qué no cae del cielo gente forastera?'

Son preguntas interesantes. Me preocupan. A veces pienso que el cielo es la mitad de una gran cáscara de huevo o de una gran nuez. Pienso que la gente que está alrededor de aquellos lejanos fuegos de campamento nos está mirando a nosotros, aquí abajo pero a ellos les parece que estamos arriba, y me dicen que estamos en su cielo, y se preguntan por qué no les caemos encima, si entiendes lo que digo. Pero los cazadores dicen: 'Abajo es abajo y arriba es arriba.' También esto es una buena respuesta.

Uno de nosotros tuvo otra idea. Su idea era que la noche es una gran piel de un animal negro, tirada sobre el cielo. Hay agujeros en la piel. Nosotros miramos a través de los agujeros. Y vemos llamas. Él piensa que la llama no está solamente en los pocos lugares donde vemos estrellas. Piensa que la llama está en todas partes. Cree que la llama cubre todo el cielo. Pero la piel nos la oculta. Excepto en los lugares donde hay agujeros.

Algunas estrellas se pasean. Como los animales que cazamos. Como nosotros. Si uno mira con atención durante muchos meses, ve que se han movido. Sólo hay cinco que lo hagan, como los cinco dedos de la mano. Se pasean lentamente entre las estrellas. Si la idea del fuego de campamento es cierta, estas estrellas deben ser tribus de cazadores que van errantes llevando consigo grandes fuegos. Pero no veo posible que las estrellas errantes sean agujeros en una piel. Si uno hace un agujero allí se queda. Un agujero es un

agujero. Los agujeros no se pasean. Además tampoco me gusta que me rodee un cielo de llamas. Si la piel cayera el cielo de la noche sería brillante demasiado brillante, como si viéramos llamas por todas partes. Creo que un cielo de llama se nos comería a todos. Quizás hay dos tipos de seres poderosos en el cielo. Los malos, que quieren que se nos coman las llamas, y los buenos, que pusieron la piel para tener alejadas las llamas de nosotros. Debemos encontrar la manera de dar las gracias a los seres buenos.

No sé si las estrellas son fuegos de campamento en el cielo. O agujeros en una piel a través de los cuales la llama del poder nos mira. A veces pienso una cosa. A veces pienso una cosa distinta. En una ocasión pensé que no había fuegos de campamento ni agujeros, sino algo distinto, demasiado difícil para que yo lo comprendiera.

Apoya el cuello sobre un tronco. La cabeza caerá hacia atrás. Entonces podrás ver únicamente el cielo. Sin montañas, sin árboles, sin cazadores, sin fuego de campamento. Sólo cielo. A veces siento como si fuera a caer hacia el cielo. Si las estrellas son fuegos de campamento me gustaría visitar a estos otros pueblos de cazadores: los que van errantes. Entonces siento que me gustaría caer hacia arriba. Pero si las estrellas son agujeros en una piel me entra miedo. No me gustaría caer por un agujero y meterme en la llama del poder.

Me gustaría saber qué es lo cierto. No me gusta no saber.

No me imagino a muchos miembros de un grupo de cazadores/recolectores con pensamientos de este tipo sobre las estrellas. Quizás unos cuantos pensaron así a lo largo de las edades, pero nunca se le ocurrió todo esto a una misma persona. Sin embargo, las ideas sofisticadas son corrientes en comunidades de este tipo. Por ejemplo, los bosquimanos ¡Kungl del desierto de Kalahari, en Botswana, tienen una explicación para la Vía Láctea, que en su latitud está a menudo encima de la cabeza. Le llaman el espinazo de la noche, como si el cielo fuera un gran animal dentro del cual vivimos nosotros. Su explicación hace que la Vía Láctea sea útil y al mismo tiempo comprensible. Los Kung creen que la Vía Láctea sostiene la noche; que a no ser por la Vía Láctea, trozos de oscuridad caerían, rompiéndose, a nuestros pies. Es una idea elegante.

Las metáforas de este tipo sobre fuegos celestiales de campamento o espinazos galácticos fueron sustituidos más tarde en la mayoría de las culturas humanas por otra idea: Los seres poderosos del cielo quedaron promovidos a la categoría de dioses. Se les dieron nombres y parientes, y se les atribuyeron responsabilidades especiales por los servicios cósmicos que se esperaba que realizaran. Había un dios o diosa por cada motivo humano de preocupación. Los dioses hacían funcionar la naturaleza. Nada podía suceder sin su intervención directa. Si ellos eran felices había abundancia de comida, y los hombres eran felices. Pero si algo desagradaba a los dioses y a veces bastaba con muy poco las consecuencias eran terribles: sequías, tempestades, guerras, terremotos, volcanes, epidemias. Había que propiciar a los dioses, y nació así una vasta industria de sacerdotes y de oráculos para que los dioses estuviesen menos enfadados. Pero los dioses eran caprichosos y no se podía estar seguro de lo

que irían a hacer. La naturaleza era un misterio. Era difícil comprender el mundo.

Poco queda del Herraron de la isla egea de Samos, una de las maravillas del mundo antiguo, un gran templo dedicado a Hera, que había iniciado su carrera como diosa del cielo. Era la deidad patrona de Samos, y su papel era el mismo que el de Atena en Atenas. Mucho más tarde se casó con Zeus, el jefe de los dioses olímpicos. Pasaron la luna de miel en Samos, según cuentan las viejas historias. La religión griega explicaba aquella banda difusa de luz en el cielo nocturno diciendo que era la leche de Hera que le salió a chorro de su pecho y atravesó el cielo, leyenda que originó el nombre que los occidentales utilizamos todavía: la Vía Láctea. Quizás originalmente representaba la noción importante de que el cielo nutre a la Tierra; de ser esto cierto, el significado quedó olvidado hace miles de años.

Casi todos nosotros descendemos de pueblos que respondieron a los peligros de la existencia inventando historias sobre deidades impredecibles o malhumoradas. Durante mucho tiempo el instinto humano de entender quedó frustrado por explicaciones religiosas fáciles, como en la antigua Grecia, en la época de Homero, cuando, había dioses del cielo y de la Tierra, la tormenta, los océanos y el mundo subterráneo, el fuego y el tiempo y el amor y la guerra; cuando cada árbol y cada prado tenía su dríada y su ménade.

Durante miles de años los hombres estuvieron oprimidos como lo están todavía algunos de nosotros por la idea de que el universo es una marioneta cuyos hilos manejan un dios o dioses, no vistos e inescrutables. Luego, hace 2 500 años, hubo en Jonia un glorioso despertar: se produjo en Samos y en las demás colonias griegas cercanas que crecieron entre las islas y ensenadas del activo mar Egeo oriental. 1 Aparecieron de repente personas que creían que todo estaba hecho de átomos; que los seres humanos y los demás animales procedían de formas más simples; que las enfermedades no eran causadas por demonios o por dioses; que la Tierra no era más que un planeta que giraba alrededor del Sol. Y que las estrellas estaban muy lejos de nosotros.

Esta revolución creó el Cosmos del Caos. Los primitivos griegos habían creído que el primer ser fue el Caos, que corresponde a la expresión del Génesis, dentro del mismo contexto: sin forma . Caos creó una diosa llamada Noche y luego se unió con ella, y su descendencia produjo más tarde todos los dioses y los hombres. Un universo creado a partir de Caos concordaba perfectamente con la creencia griega en una naturaleza impredecible manejada por dioses caprichosos. Pero en el siglo sexto antes de Cristo, en Jonia, se desarrolló un nuevo concepto, una de las grandes ideas de la especie humana. El universo se puede conocer, afirmaban los antiguos jonios, porque presenta un orden interno: hay regularidades en la naturaleza que permiten revelar sus secretos. La naturaleza no es totalmente impredecible; hay reglas a las cuales ha de obedecer necesariamente. Este carácter ordenado y admirable del universo recibió el nombre de Cosmos.

Pero, ¿por qué todo esto en Jonia, en estos paisajes sin pretensiones, pastorales, en estas islas y ensenadas remotas del Mediterráneo oriental? ¿Por

qué no en las grandes ciudades de la India o de Egipto, de Babilonia, de China o de Centroamérica? China tenía una tradición astronómico vieja de milenios; inventó el papel y la imprenta, cohetes, relojes, seda, porcelana y flotas oceánicas. Sin embargo, algunos historiadores atinan que era una sociedad demasiado tradicionalista, poco dispuesta a adoptar innovaciones. ¿Por qué no la India, una cultura muy rica y con dotes matemáticas? Debido según dicen algunos historiadores a una fascinación rígida con la idea de un universo infinitamente viejo condenado a un ciclo sin fin de muertes y nuevos nacimientos, de almas y de universos, en el cual no podía suceder nunca nada fundamentalmente nuevo. ¿Por qué no las sociedades mayas y aztecas, que eran expertas en astronomía y estaban fascinadas, como los indios, por los números grandes? Porque, declaran algunos historiadores, les faltaba la aptitud o el impulso para la invención mecánica. Los mayas y los aztecas no llegaron ni a inventar la rueda, excepto en juguetes infantiles.

Los jonios tenían varias ventajas. Jonia es un reino de islas. El aislamiento, aunque sea incompleto, genera la diversidad. En aquella multitud de islas diferentes había toda una variedad de sistemas políticos. Faltaba una única concentración de poder que pudiera imponer una conformidad social e intelectual en todas las islas. Aquello hizo posible el libre examen. La promoción de la superstición no se consideraba una necesidad política. Los jonios, al contrario que muchas otras culturas, estaban en una encrucijada de civilizaciones, y no en uno de los centros. Fue en Jonia donde se adaptó por primera vez el alfabeto fenicio al uso griego y donde fue posible una amplia alfabetización. La escritura dejó de ser un monopolio de sacerdotes y escribas. Los pensamientos de muchos quedaron a disposición de ser considerados y debatidos. El poder político estaba en manos de mercaderes, que promovían activamente la tecnología sobre la cual descansaba la prosperidad. Fue en el Mediterráneo oriental donde las civilizaciones africana, asiática y europea, incluyendo a las grandes culturas de Egipto y de Mesopotamia, se encontraron y se fertilizaron mutuamente en una confrontación vigorosa y tenaz de prejuicios, lenguajes, ideas y dioses. ¿Qué hace uno cuando se ve enfrentado con varios dioses distintos, cada uno de los cuales reclama el mismo territorio? El Marduk babilonio y el Zeus griego eran considerados, cada uno por su parte, señores del cielo y reyes de los dioses. Uno podía llegar a la conclusión de que Marduk y Zeus eran de hecho el mismo dios. Uno podía llegar también a la conclusión, puesto que ambos tenían atributos muy distintos, que uno de los dos había sido inventado por los sacerdotes. Pero si inventaron uno, ¿por qué no los dos?

Y así fue como nació la gran idea, la comprensión de que podía haber una manera de conocer el mundo sin la hipótesis de un dios; que podía haber principios, fuerzas, leyes de la naturaleza, que permitieran comprender el mundo sin atribuir la caída de cada gorrión a la intervención directa de Zeus.

Creo que China, la India y Centroamérica, de haber dispuesto de algo más de tiempo, habrían tropezado también con la ciencia. Las culturas no se desarrollan con ritmos idénticos ni evolucionan marcando el paso. Nacen en tiempos diferentes y progresan a ritmos distintos. La visión científica del mundo funciona

tan bien, explica tantas cosas y resuena tan armoniosamente con las partes más avanzadas de nuestro cerebro que a su debido tiempo, según creo, casi todas las culturas de la Tierra, dejadas con sus propios recursos, habrían descubierto la ciencia. Alguna cultura tenía que llegar primero. Resultó que fue Jonia el lugar donde nació la ciencia.

Esta gran revolución en el pensamiento humano se inició entre los años 600 y 400 a. de C. La clave de esta revolución fue la mano. Algunos de los brillantes pensadores jonios eran hijos de marineros, de campesinos y de tejedores. Estaban acostumbrados a hurgar y a reparar, al contrario de los sacerdotes y de los escribas de otras naciones que, criados en el lujo, no estaban dispuestos a ensuciarse las manos. Rechazaron la superstición y elaboraron maravillas. En muchos casos sólo disponemos de relaciones secundarias o indirectas sobre lo sucedido. Las metáforas que se utilizaban entonces pueden ser oscuras para nosotros. Es casi seguro que hubo un esfuerzo consciente unos siglos después para eliminarlas nuevas concepciones. Las figuras señeras de esta revolución eran hombres de nombre griego, que en su mayor parte nos suenan extraños, pero que fueron los pioneros auténticos del desarrollo de nuestra civilización y de nuestra humanidad.

El primer científico jonio fue Tales de Mileto, una ciudad de Asia separada por un estrecho canal de agua de la isla de Samos. Había viajado hasta Egipto y dominaba los conocimientos babilónicos. Se dice que predijo un eclipse solar. Aprendió la manera de medir la altura de una pirámide a partir de la longitud de su sombra y el ángulo del Sol sobre el horizonte, método utilizado hoy en día para determinar la altura de las montañas de la Luna. Fue el primero que demostró teoremas geométricos como los que Euclides codificó tres siglos después: por ejemplo la proposición de que los ángulos en la base de un triángulo isósceles son iguales. Hay una evidente continuidad en el esfuerzo intelectual desde Tales hasta Euclides hasta la compra por Isaac Newton de los *Elementos de geometría* en la Feria de Stourbridge en 1663 (véase página 68), el acontecimiento que precipitó la ciencia y la tecnología modernas.

Tales intentó comprender el mundo sin invocar la intervención de los dioses. Creía, como los babilonios, que el mundo había sido antes agua. Los babilonios para explicar la tierra firme añadían que Marduk puso una estera sobre la superficie de las aguas y amontonó tierra encima de ella . 4 Tales tenía una idea semejante, pero como señala Benjamín Farrington, dejó fuera a Marduk . Sí, todo había sido antes agua, pero la Tierra se formó a partir de los océanos por un proceso natural, semejante, pensaba, a la sedimentación que había observado en el delta de Nilo. Pensaba que el agua era un principio común subyacente a toda la materia, como podríamos hablar hoy de los electrones, los protones, los neutrones o los quarks. Lo importante no es que la conclusión de Tales fuera correcta o no, sino el método utilizado: El mundo no fue hecho por los dioses, sino por la labor de fuerzas materiales en interacción dentro de la naturaleza. Tales trajo de Babilonia y de Egipto las semillas de las nuevas ciencias de la astronomía y la geometría, ciencias que brotarían y crecerían en el suelo fértil de Jonia.

Se sabe muy poco sobre la vida personal de Tales, pero Aristóteles cuenta en su *Política* una anécdota reveladora:

Se le reprochaba a Tales] su pobreza, la cual demostraba que al parecer la filosofía no sirve de nada. Según la historia, su capacidad [para interpretar los cielos] le permitió saber en pleno invierno que en el año siguiente habría una gran cosecha de aceitunas; como disponía de algo de dinero, depositó unas sumas reservándose el uso de todas las prensas de aceite de Quíos y de Mileto, que alquiló a bajo precio porque nadie pujó contra él. Cuando llegó la época de la cosecha y había mucha necesidad de utilizarlas todas, las alquiló al precio que quiso y reunió mucho dinero. De este modo demostró al mundo que los filósofos pueden hacerse ricos fácilmente si lo desean, pero que su ambición es de otro tipo.

Fue famoso también por su sabiduría política; animó con éxito a los milesios a que opusieran resistencia a la asimilación por el reino de Creso, rey de Lidia, y propuso sin éxito una federación de todos los estados insulares de Jonia para que se opusieran a los lidias.

Anaximandro de Mileto, que era amigo y colega de Tales, fue una de las primeras personas de quien sabemos que llevó a cabo un experimento. Examinando la sombra móvil proyectada por un palo vertical determinó con precisión la longitud del año y de las estaciones. Los hombres habían utilizado durante eras los palos para golpearse y lancearse entre sí. Anaximandro los utilizó para medir el tiempo. Fue la primera persona en Grecia que construyó un reloj de sol, un mapa del mundo conocido y un globo celeste que mostraba las formas de las constelaciones. Creía que el Sol, la Luna y las estrellas estaban constituidas por el fuego que se veía a través de agujeros en movimiento en la cúpula del cielo, idea probablemente mucho más antigua. Sostuvo la idea notable de que la Tierra no está suspendida de los cielos o sostenida por ellos, sino que se mantiene a sí misma en el centro del universo; puesto que equidistaba de todos los puntos de la esfera celeste, no había ninguna fuerza que pudiese desplazarla.

Afirmaba que al nacer estamos tan desvalidos, que si los primeros niños hubiesen quedado abandonados y solos en el mundo habrían muerto inmediatamente. Anaximandro dedujo de esto que los seres humanos procedían de otros animales cuyos hijos nacen más resistentes: Propuso el origen espontáneo de la vida en el barro, siendo los primeros animales peces cubiertos de espinas. Algunos descendientes de estos peces abandonaron luego el agua y se adentraron en tierra firme, donde evolucionaron dando otros animales mediante transmutaciones de una forma a otra. Creía en un número infinito de mundos, todos habitados, y todos sujetos a ciclos de disolución y de regeneración. Y san Agustín se queja tristemente de que ni él ni Tales atribuyeron la causa de toda esta incesante actividad a una mente divina.

En el año 540 a. de C., más o menos, llegó al poder en la isla de Samos un tirano llamado Polícrates. Parece que empezó su carrera como proveedor de comida y que luego pasó a la piratería internacional. Polícrates fue un mecenas generoso de las artes, las ciencias y la ingeniería. Pero oprimió a su pueblo; hizo la guerra a sus vecinos y tenía fundados motivos para temer una invasión. Por

consiguiente rodeó su capital con una gran muralla, de unos seis kilómetros de largo, cuyos restos se conservan todavía. Ordenó la construcción de un gran túnel que llevara agua de una fuente distante a través de las fortificaciones. Tiene un kilómetro de longitud y atraviesa una montaña. Se hicieron dos catas a ambos lados que coincidieron casi a la perfección en el centro. El proyecto tardó unos quince años en ser completado, y quedó como testamento de la ingeniería civil de la época y como indicación de la extraordinaria capacidad práctica de los jonios. Pero hay otro aspecto más siniestro de esta empresa: lo construyeron en parte esclavos encadenados, muchos capturados por los buques piratas de Polícrates.

Esta fue la época de Teodoro, el ingeniero maestro de la época, a quien los griegos atribuyen la invención de la llave, de la regla, de la escuadra, del nivel, del tomo, de la fundición de bronce y de la calefacción central. ¿Por qué no hay monumentos dedicados a este hombre? Quienes soñaban y especulaban con las leyes de la naturaleza también conversaban con los tecnólogos y los ingenieros. A menudo eran las mismas personas. Los teóricos y los prácticos eran unos.

Hacia la misma época, en la isla próxima de Cos, Hipócrates estaba fundando su famosa tradición médica, apenas recordada hoy en día por el juramento hipocrático. Fue una escuela de medicina práctica y eficiente, basada, según insistió Hipócrates, en los equivalentes contemporáneos de la física y de la química. Pero también tuvo su aspecto teórico. Hipócrates escribió en su obra *Sobre la antigua medicina*: Los hombres creen que la epilepsia es divina, simplemente porque no la entienden. Pero si llamaran divino a todo lo que no entienden, realmente las cosas divinas no tendrían fin.

Con el tiempo, la influencia jonia y el método experimental se extendió a la Grecia continental, a Italia, a Sicilia. Era una época en la que apenas nadie creía en el aire. Se conocía desde luego la respiración, y se creía que el viento era el aliento de los dioses. Pero la idea de aire como una sustancia estática, material, pero invisible, no existía. El primer experimento documentado con aire fue realizado por un médico llamado Empédocles, que floreció hacia el 450 a. de C. Algunas historias dicen que se calificó a sí mismo de dios. Pero quizás fue su inteligencia lo que le hizo pasar ante los otros por un dios. Creía que la luz se desplaza a gran velocidad pero no a una velocidad infinita. Enseñó que en otras épocas había habido una variedad mucho mayor de seres vivientes en la Tierra, pero que muchas razas de seres debieron haber sido incapaces de generar y continuar su especie. Porque en el caso de todas las especies existentes, la inteligencia o el valor o la rapidez los han protegido y preservado desde los inicios de su existencia. Empédocles, como Anaximandro y Demócrito (ver a continuación), al intentar explicar de este modo la hermosa adaptación de los organismos a sus medios ambientes, se anticipó en ciertos aspectos a la gran idea de Darwin de la evolución por selección natural.

Empédocles llevó a cabo su experimento con un cacharro doméstico que la gente había estado utilizando desde hacía siglos, la llamada *clepsidra* o ladrón de agua, que servía de cucharón de cocina. Se trata de una esfera de cobre con

un cuello abierto y pequeños agujeros en el fondo que se llena sumergiéndola en el agua. Si se saca del agua con el cuello sin tapar el agua se sale por los agujeros formando una pequeña ducha. Pero si se saca correctamente, tapando con el pulgar el cuello, el agua queda retenida dentro de la esfera hasta que uno levanta el dedo. Si uno trata de llenarlo con el cuello tapado el agua no entra. Ha de haber alguna sustancia material que impida el paso del agua. No podemos ver esta sustancia. ¿De qué se trata? Empédocles afirmó que sólo podía ser aire. Una cosa que somos incapaces de ver puede ejercer una presión, puede frustrar mi deseo de llenar el cacharro con agua si dejo tontamente el dedo sobre el cuello. Empédocles había descubierto lo invisible. Pensó que el aire tenía que ser materia tan finamente dividida que era imposible verla.

Se dice que Empédocles murió en un ataque apoteósico arrojándose a la lava ardiente de la caldera de la cima del gran volcán Etna. Pero yo pienso a veces que debió resbalar durante una expedición audaz y pionera propia de la geofísica observacional.

Estos indicios, este soplo sobre la existencia de los átomos, fue explotado mucho más a fondo por un hombre llamado Demócrito, procedente de la lejana colonia jónica de Abdera en el norte de Grecia. Abdera era una especie de ciudad chiste. Si en el año 430 a. de C. uno contaba una historia sobre alguien de Abdera las carcajadas estaban aseguradas. Era en cierto modo el Brooklyn de la época. Demócrito creía que había que disfrutar y comprender todo lo de la vida; comprender y disfrutar eran una misma cosa. Dijo que una vida sin regocijo es un largo camino sin una posada .

Demócrito podía haber nacido en Abdera, pero no era tonto. Creía que se habían formado espontáneamente a partir de la materia difusa del espacio un gran número de mundos, para evolucionar y más tarde decaer. En una época en la que nadie sabía de la existencia de cráteres de impacto, Demócrito pensó que los mundos a veces entran en colisión; creyó que algunos mundos erraban solos por la oscuridad del espacio, mientras que otros iban acompañados por varios soles y lunas; que algunos mundos estaban habitados, mientras que otros no tenían ni plantas ni animales ni agua; que las formas más simples de vida nacieron de una especie de cieno primordial. Enseñó que la percepción la razón por la cual pienso, por ejemplo, que tengo una pluma en la mano era un proceso puramente físico y mecanicista; que el pensamiento y la sensación eran atributos de la materia reunida de un modo suficientemente fino y complejo, y no de algún espíritu infundido por los dioses en la materia.

Demócrito inventó la palabra *átomo*, que en griego significa que no puede cortarse . Los átomos eran las partículas últimas, que frustraban indefinidamente nuestros intentos por reducirlas a piezas más pequeñas. Dijo que todo está hecho de una reunión de átomos, juntados intrincadamente. Incluso nosotros. Nada existe dijo , aparte de átomos y el vacío.

Cuando cortamos una manzana, el cuchillo ha de pasar a través de espacios vacíos entre los átomos, afirmaba Demócrito. Si no hubiese estos espacios vacíos, este vacío, el cuchillo toparía con los átomos impenetrables y no podríamos cortar la manzana. Cortemos por ejemplo una tajada de un cono y



comparemos las secciones de las dos piezas. ¿Son las áreas que han quedado al descubierto iguales? No, afirmaba Demócrito. La inclinación del cono obliga a que una cara del corte tenga una sección ligeramente más pequeña que la otra. Si las dos áreas fueran exactamente iguales tendríamos un cilindro, no un cono. Por afilado que esté el cuchillo, las dos piezas tienen secciones de corte desiguales: ¿Por qué? Porque a la escala de lo muy pequeño, la materia presenta una granulosidad determinada e irreductible. Demócrito identificó esta escala fina de granulosidad con el mundo de los átomos. Sus argumentos no eran los que utilizamos actualmente, pero eran sutiles y elegantes, derivados de la vida diaria. Y sus conclusiones eran fundamentalmente correctas.

Demócrito, en un ejercicio parecido, imaginó el cálculo del volumen de un cono o de una pirámide mediante un número muy grande de placas muy finas una encima de la otra, y cuyo tamaño disminuía de la base hasta el vértice. De este modo formulaba el problema que en matemáticas se denomina teoría de los límites. Estaba llamando a la puerta del cálculo diferencial e integral, la herramienta fundamental para comprender el mundo y que según los documentos escritos de que disponemos no se descubrió hasta la época de Isaac Newton. Quizás si la obra de Demócrito no hubiese quedado casi totalmente destruida, hubiese existido el cálculo diferencial hacia la época de Cristo. 7

Thomás Wright se maravillaba en 1750 de que Demócrito hubiese creído que la Vía Láctea está compuesta principalmente por estrellas sin resolver: Mucho antes de que la astronomía hubiese sacado beneficio de las ciencias ópticas mejoradas, él vio por así decirlo con los ojos de la razón, penetrando en el infinito tan lejos como hicieron luego los astrónomos más capaces en tiempos más ventajosos. La mente de Demócrito se elevó hacia lo alto dejando atrás la Leche de Hera y el Espinazo de la Noche.

Parece ser que Demócrito fue personalmente algo raro. Las mujeres, ¡Os niños y el sexo le desconcertaban, en parte porque quitaban tiempo para pensar. Pero valoraba la amistad, consideró el buen humor como el objetivo de la vida y dedicó una importante investigación filosófica al origen y naturaleza del entusiasmo. Vía ó hasta Atenas para visitar a Sócrates y descubrió entonces que era demasiado tímido para presentarse. Fue amigo íntimo de Hipócrates. La belleza y elegancia del mundo físico le inspiraban reverencia. Creía que la pobreza en una democracia era preferible a la riqueza en una tiranía. Creía que las religiones dominantes en su época eran malas y que no existían ni almas inmortales ni dioses inmortales: Nada existe, aparte de átomos y el vacío.

No hay noticia de que Demócrito fuera perseguido por sus opiniones; pero en definitiva procedía de Abdera. Sin embargo, la breve tradición de tolerancia ante las ideas no convencionales empezó a erosionarse en su época y luego a hundirse. Se llegó a castigar a las personas que tenían ideas insólitas. En los billetes griegos actuales de cien dracmas hay un retrato de Demócrito. Pero sus ideas fueron suprimidas, y se consiguió rebajar fuertemente el nivel de su influencia sobre la historia. Los místicos empezaron a ganar la partida.

Anaxágoras fue un experimentalista jónico que floreció hacia el 450 a. de C. y que vivió en Atenas. Era un hombre rico, indiferente ante su riqueza y apasionado por la ciencia. Cuando le preguntaron cuál era el objetivo de su vida contestó: la investigación del Sol, de la Luna y de los cielos, respuesta digna de un astrónomo auténtica. Llevó a cabo un inteligente experimento en el que una sola gota de líquido blanco, como crema, no pudo aclarar de modo perceptible el contenido de un gran jarro de líquido oscuro, como vino. Dedujo de ello que había cambios deducibles por experimento pero demasiado sutiles para ser percibidos directamente por los sentidos.

Anaxágoras no era tan radical como Demócrito, ni mucho menos. Ambos eran completos materialistas, en el sentido no de valorar las posesiones, sino de creer que la materia proporcionaba por sí sola el sostén del mundo. Anaxágoras creía en una sustancia mental especial, y negaba la existencia de átomos. Creía que los hombres somos más inteligentes que los demás animales a causa de nuestras manos, idea ésta muy jónica.

Fue la primera persona que afirmó claramente que la Luna brilla con luz reflejada, y en consecuencia ideó una teoría de las fases de la Luna. Esta doctrina era tan peligrosa que el manuscrito que la contenía tuvo que circular en secreto. No iba de acuerdo con los prejuicios de la época explicar las fases o eclipses de la Luna por la geometría relativa de la Tierra, la Luna y el brillo propio del Sol. Aristóteles, dos generaciones más tarde, se contentó afanando que estas cosas se debían a que la naturaleza de la Luna consistía en tener fases y eclipses: un simple juego de palabras, una explicación que no explica nada.

La creencia dominante era que el Sol y la Luna eran dioses. Anaxágoras afirmaba que el Sol y las estrellas eran piedras ardientes. No sentimos el calor de las estrellas porque están demasiado lejos. También creía que la Luna tenía montañas (cierto) y habitantes (falso). Sostenía que el Sol era tan grande que probablemente superaba en tamaño al Peloponeso, aproximadamente la tercera parte meridional de Grecia. Sus críticos consideraron esta evaluación excesiva y absurda.

Anaxágoras fue llevado a Atenas por Pericles, su dirigente, en la época de mayor gloria, pero también el hombre cuyas acciones provocaron la guerra del Peloponeso, que destruyó la democracia ateniense. A Pericles le encantaban la filosofía y la ciencia, y Anaxágoras fue uno de sus principales confidentes. Algunos piensan que Anaxágoras contribuyó de modo significativo con este papel a la grandeza de Atenas. Pero Pericles tenía problemas políticos. Era demasiado poderoso para que lo atacaran directamente y sus enemigos atacaban a las personas próximas a él. Anaxágoras fue condenado y encarcelado por el crimen religioso de impiedad: porque había enseñado que la Luna estaba constituida por materia ordinaria, que era un lugar, y que el Sol era una piedra al rojo en el cielo. El obispo John Wilkins comentó en 1638 refiriéndose a estos atenienses: Estos idólatras celosos [consideraban] que era una gran blasfemia que su Dios fuera una piedra, y sin embargo, tenían tan poco sentido en su adoración de los ídolos que convertían a una piedra en su Dios. Parece ser que Pericles organizó la salida de Anaxágoras de la prisión, pero ya

era demasiado tarde. En Grecia la corriente había cambiado de dirección, aunque la tradición jónica continuara luego en Alejandría, Egipto, doscientos años más tarde.

En los libros de historia de la filosofía se suele calificar presocráticos a los grandes científicos, desde Tales hasta Demócrito y Anaxágoras, como si su misión principal hubiese consistido en ocupar la fortaleza filosófica hasta la llegada de Sócrates, Platón y Aristóteles, y quizás influir algo sobre ellos. De hecho los antiguos jonios representan una tradición diferente y muy contrapuesta, una tradición que está más de acuerdo con la ciencia moderna. Su influencia se ejerció de modo intenso solamente durante dos o tres siglos, y esto fue una pérdida irreparable para todos los hombres que vivieron entre el Despertar jonio y el Renacimiento italiano.

Quizás la persona más influyente relacionada con Samos fue Pitágoras, 1 un contemporáneo de Polícrates en el siglo sexto a. de C. Según la tradición local vivió durante un tiempo en una cueva en el monte Kerkis de Samos, y fue la primera persona en la historia del mundo que dedujo que la Tierra es una esfera. Quizás lo afirmó por analogía con la Luna o con el Sol, o quizás observó la sombra curva de la Tierra sobre la Luna durante un eclipse lunar, o quizás reconoció que cuando los buques partían de Samos y retrocedían más allá del horizonte, lo último que desaparecía eran sus mástiles.

Él o sus discípulos descubrieron el teorema de Pitágoras: la suma de los cuadrados de los lados más cortos de un triángulo recto es igual al cuadrado del lado más largo. Pitágoras no se limitó a enumerar ejemplos de este teorema; desarrolló un método de deducción matemática para demostrarlo de modo general. La moderna tradición de la argumentación matemática, esencial para toda la ciencia, le debe mucho a Pitágoras. Fue el primero en utilizar la palabra Cosmos para indicar un universo bien ordenado y armonioso, un mundo capaz de ser entendido por el hombre.

Muchos jonios creían que la armonía subyacente del universo era accesible a la observación y al experimento, método éste que domina la ciencia actual. Sin embargo, Pitágoras empleó un método muy distinto. Enseñó que las leyes de la naturaleza podían deducirse por el puro pensamiento. Él y sus seguidores no fueron fundamentalmente experimentalistas. 1 Eran matemáticos. Y eran místicos convencidos. Según dice Bertrand Russell en un pasaje quizás poco caritativo, Pitágoras fundó una religión, los principios más importantes de la cual eran la transmigración de las almas y lo pecaminoso que es comer judías. Su religión estaba encarnada en una orden religiosa, que en algunas ocasiones consiguió el control del Estado y fundó un gobierno de santos. Pero quienes no querían regenerarse anhelaban las judías y más tarde o más temprano se rebelaron .

Los pitagóricos se deleitaban con la certeza de la demostración matemática, la sensación de un mundo puro e incontaminado accesible al intelecto humano, un Cosmos en el cual los lados de triángulos rectángulos obedecen de modo perfecto a relaciones matemáticas simples. Esto contrastaba de modo acentuado con la desordenada realidad del mundo de cada día. Creían haber

vislumbrado en sus matemáticas una realidad perfecta, un reino de los dioses, del cual nuestro mundo familiar es sólo un reflejo imperfecto. En la famosa parábola de la caverna Platón imaginó unos prisioneros amarrados que sólo veían las sombras de los pasantes y que creían que estas sombras eran reales, sin llegar nunca a suponer la compleja realidad que descubrirían con sólo girar la cabeza. Los pitagóricos iban a influir intensamente a Platón y más tarde a la cristiandad.

Ellos no defendían la libre confrontación de puntos de vista contrarios, sino que al igual que todas las religiones ortodoxas practicaban una rigidez que les impedía corregir sus errores. Cicerón escribió:

En la discusión lo que debe exigirse no es tanto el peso de la autoridad como la fuerza de los argumentos. De hecho, la autoridad de quienes profesan la enseñanza es a menudo un obstáculo positivo para quienes desean aprender; para saldar la cuestión, dejan de utilizar su propio juicio y aceptan lo que consideran como el veredicto del maestro escogido. En realidad no me siento en disposición de aceptar la práctica atribuida tradicionalmente a los pitagóricos, quienes preguntados sobre los fundamentos de cualquier afirmación que hacían en un debate se dice que solían responder: El Maestro lo dijo, donde el Maestro es Pitágoras. Tan poderosa era una opinión ya decidida, que hacía prevalecer una autoridad carente del apoyo de la razón.

Los pitagóricos estaban fascinados por los sólidos regulares, objetos tridimensionales simétricos con caras que son todas un solo polígono regular. El cubo es el ejemplo más sencillo, porque tiene por lados a seis cuadrados. Hay un número infinito de polígonos regulares, pero sólo hay cinco sólidos regulares. (La demostración de esta afirmación, que constituye un ejemplo famoso de razonamiento matemático, se da en el apéndice I.) Resulta que por algún motivo el conocimiento de un sólido llamado dodecaedro, que tiene por lados a doce pentágonos, pareció peligroso a los pitagóricos. El sólido estaba relacionado místicamente con el Cosmos. Los cuatro sólidos regulares restantes fueron identificados de algún modo con los cuatro elementos que en aquel entonces se suponía que constituían el mundo: tierra, fuego, aire y agua. Pensaron pues que el quinto sólido regular sólo podía corresponder a la sustancia de los cuerpos celestiales (este concepto de una quinta esencia ha dado origen a la palabra *quintaesencia*). Había que ocultar a las personas vulgares la existencia del dodecaedro.

Los pitagóricos, enamorados de los números enteros, creyeron que todas las cosas podían derivarse de ellos, empezando por todos los demás números. Se produjo una crisis en esta doctrina cuando descubrieron que la raíz cuadrada de dos (la razón entre la diagonal y el lado de un cuadrado) era irracional, es decir que  $\sqrt{2}$  no puede expresarse de modo preciso como la razón de dos números enteros determinados, por grandes que fueran estos números. Este descubrimiento (reproducido en el apéndice I) se llevó a cabo utilizando irónicamente como herramienta el teorema de Pitágoras. Irracional significaba en principio que un número no podía expresarse como una razón. Pero para los pitagóricos llegó a suponer algo amenazador, un indicio de que su concepción

del mundo podía carecer de sentido, lo cual es el otro sentido que tiene hoy la palabra irracional . En vez de compartir estos importantes descubrimientos matemáticos, los pitagóricos callaron el conocimiento de  $\sqrt{2}$  y del dodecaedro. El mundo exterior no tenía que saber nada de esto. 10 Todavía hoy hay científicos opuestos a la popularización de la ciencia; creen que hay que reservar el conocimiento sagrado para los cultos, sin dejar que lo mancille la comprensión del público.

Los pitagóricos creyeron que la esfera era perfecta , porque todos los puntos de su superficie están a la misma distancia del centro. Los círculos también eran perfectos. Y los pitagóricos insistieron en que los planetas se movían siguiendo caminos circulares a velocidades constantes. Al parecer creían que no era muy decoroso que un Planeta se moviera más lento o más rápido en puntos diferentes de la órbita; el movimiento no circular era en cierto modo un movimiento defectuoso, impropio de los planetas, los cuales por ser libres con respecto a la Tierra se consideraban perfectos .

Los pros y los contras de la tradición pitagórica pueden verse claramente en la obra de Johannes Kepler (capítulo 3). La idea pitagórica de un mundo perfecto y místico, que los sentidos no podían percibir, fue aceptada fácilmente por los primitivos cristianos y fue elemento integral de la formación temprana de Kepler. Por una parte, Kepler estaba convencido de que en la naturaleza existían armonías matemáticas (en una ocasión escribió que el universo estaba marcado con los adornos de las .proporciones armónicas ), de que ha de haber relaciones numéricas sencillas que determinen el movimiento de los planetas. Por otra parte, y siguiendo también a los pitagóricos, creyó durante largo tiempo que el único movimiento admisible era el circular uniforme. Comprobó repetidamente que los movimientos observados de los planetas no podían explicarse de este modo y lo intentó una y otra vez. Pero al contrario que muchos pitagóricos, Kepler creía en las observaciones y en los experimentos en el mundo real. Al final, observaciones detalladas del movimiento aparente de los planetas le obligaron a abandonar la idea de los caminos circulares y a comprender que los planetas seguían elipses. La atracción ejercida por la doctrina pitagórica inspiró a Kepler en su búsqueda de la armonía del movimiento planetario, y al mismo tiempo fue un obstáculo para él.

Un desdén por todo lo práctico inundó el mundo antiguo. Platón animó a los astrónomos a pensar en los cielos, pero a no perder el tiempo observándolos. Aristóteles creía que los de clase inferior son esclavos por naturaleza, y lo mejor para ellos como para todos los inferiores es que estén bajo el dominio de un amo... El esclavo comparte la vida de su amo; el artesano está relacionado con él menos estrechamente, y sólo llega a la excelencia de modo proporcional cuando se hace esclavo. La clase más vil de mecánico tiene una esclavitud especial y separada . Plutarco escribió: No se sigue necesariamente que si la obra te encanta con su gracia, el que la hizo sea merecedor de aprecio. La opinión de Jenofonte era: Las artes llamadas mecánicas tienen un estigma social y es lógico que merezcan la deshonra de nuestras ciudades. A consecuencia de tales actitudes, el método experimental jónico brillante y prometedor fue en gran parte

abandonado durante dos mil años. Sin experimentación no hay posibilidad de escoger entre hipótesis contradictorias, es imposible que la ciencia avance. La infección anti empírica de los pitagóricos sobrevive incluso hoy. Pero, ¿por qué? ¿De dónde vino esta aversión al experimento?

El historiador de la ciencia Benjamín Farrington ha dado una explicación de la decadencia de la ciencia antigua: La tradición mercantil que desembocó en la ciencia jónica, también desembocó en una economía de esclavos. La posesión de esclavos abría el camino a la riqueza y al poder. Las fortificaciones de Polícrates fueron construidas por esclavos. Atenas en la época de Pericles, Platón y Aristóteles tenía una vasta población de esclavos. Todas las grandes formulaciones atenienses sobre la democracia eran válidas únicamente para unos pocos privilegiados. La tarea característica de los esclavos es el trabajo manual. Pero la experimentación científica es trabajo manual, trabajo del cual los propietarios de esclavos prefieren mantenerse alejados; pero los únicos que disponen de ocio para dedicarse a la ciencia son los propietarios de esclavos, llamados cortésmente gentil hombres en algunas sociedades. Por lo tanto, casi nadie se dedicó a la ciencia. Los jonios eran perfectamente capaces de construir máquinas bastante elegantes. Pero la disponibilidad de esclavos minó la motivación económica necesaria para el desarrollo de la tecnología. De este modo la tradición mercantil contribuyó al gran despertar jonio de hacia el 600 a. de C., y es posible que debido a la esclavitud haya sido también la causa de su decadencia unos dos siglos después. El caso tiene su ironía.

Tendencias semejantes se observan en todo el mundo. El punto culminante de la astronomía china indígena se produjo hacia 1280, con la obra de Guo Shoujing, quien se sirvió de una línea base observacional de 1 500 años y mejoró los instrumentos astronómicos y las técnicas matemáticas de cálculo. Se cree en general que la astronomía china sufrió después una rápida decadencia. Nathan Sivin cree que esto se debe en parte a un aumento en la rigidez de la elites, de modo que las personas educadas se sentían menos inclinadas a sentir curiosidad por las técnicas y menos dispuestas a valorar la ciencia como una dedicación digna de un caballero. La ocupación de astrónomo se convirtió en un cargo hereditario, sistema éste inconciliable con el avance de la materia. Además, la responsabilidad por la evolución de la astronomía quedó centrada en la corte imperial, y se dejó principalmente en manos de técnicos extranjeros, sobre todo de jesuitas, que habían presentado a Euclides y Copérnico a los asombrados chinos, pero que al producirse la censura de este último tenían interés en disfrazar y suprimir la cosmología heliocéntrica. Quizás la ciencia nació muerta en las civilizaciones india, maya y azteca por motivos idénticos a los de su decadencia en Jonia, la omnipresencia de la economía esclavista. Un problema básico en el actual Tercer Mundo (político) es que las clases educadas tienden a ser los hijos de los ricos, interesados en mantener el *status quo*, o bien no acostumbrados a trabajar con sus manos o a poner en duda la sabiduría convencional. La ciencia ha arraigado allí con mucha lentitud.

Platón y Aristóteles se sentían confortables en una sociedad esclavista. Dieron justificaciones para la opresión. Estuvieron al servicio de tiranos. Enseñaron la

alienación del cuerpo separado del alma (ideal muy natural en una sociedad esclavista); separaron la materia del pensamiento; divorciaron a la Tierra de los cielos: divisiones éstas que iban a dominar el pensamiento occidental durante más de veinte siglos. Platón, quien creía que todas las cosas están llenas de dioses, utilizó concretamente la metáfora de la esclavitud para conectar su política con su cosmología. Se dice que propuso quemar todas las obras de Demócrito (formuló una recomendación semejante para las obras de Homero), quizás porque Demócrito no aceptaba la existencia de almas inmortales o de dioses inmortales o el misticismo pitagórico, o porque creían en un número infinito de mundos. No sobrevive ni una sola obra de los setenta y tres libros que se dice escribió Demócrito. Todo lo que conocemos son fragmentos, principalmente sobre ética, y relaciones de segunda mano. Lo mismo sucedió con las obras de casi todos los demás antiguos científicos jonios.

Pitágoras y Platón, al reconocer que el Cosmos es cognoscible y que hay una estructura matemática subyacente en la naturaleza, hicieron avanzar mucho la causa de la ciencia. Pero al suprimir los hechos inquietantes, al creer que había que reservar la ciencia para una pequeña elite, al expresar su desagrado por la experimentación, al abrazar el misticismo y aceptar fácilmente las sociedades esclavistas, hicieron retroceder la empresa del hombre. Después de un sueño místico en el cual yacían enmoheciéndose las herramientas del examen científico, el método jonio, transmitido en algunos casos a través de los sabios de la Biblioteca de Alejandría, fue al final redescubierto. El mundo occidental despertó de nuevo. La experimentación y la investigación abierta se hicieron otra vez respetables. Se leyeron de nuevo libros y fragmentos olvidados. Leonardo, Colón y Copérnico fueron inspirados por esta antigua tradición griega o siguieron independientemente parte de sus huellas. En nuestra época hay mucha ciencia jónica, aunque falte en política y en religión, y hay en grado considerable un valeroso libre examen. Pero también hay supersticiones detestables y ambigüedades éticas mortales. Llevamos la marca de antiguas contradicciones.

Los platónicos y sus sucesores cristianos sostenían la idea peculiar de que la Tierra estaba viciada y de que era en cierto modo repugnante mientras que los cielos eran perfectos y divinos. La idea fundamental de que la Tierra es un planeta, de que somos ciudadanos del universo, fue rechazada y olvidada. Aristarco fue el primero en sostener esta idea. Aristarco, nacido en Samos tres siglos después de Pitágoras, fue uno de los últimos científicos jonios. En su época el centro de la ilustración intelectual se había desplazado a la gran Biblioteca de Alejandría. Aristarco fue la primera persona que afirmó que el centro del sistema planetario está en el Sol y no en la Tierra, que todos los planetas giran alrededor del Sol y no de la Tierra. Es típico que sus escritos sobre esta cuestión se hayan perdido. Dedujo a partir del tamaño de la sombra de la Tierra sobre la Luna durante un eclipse lunar que el Sol tenía que ser mucho mayor que la Tierra y que además tenía que estar a una distancia muy grande. Quizás esto le hizo pensar que era absurdo que un cuerpo tan grande como el Sol girara alrededor de un cuerpo tan pequeño como la Tierra. Puso al

Sol en el centro, hizo que la Tierra girara sobre su eje una vez al día y que orbitara el Sol una vez al año.

Ésta es la misma idea que asociamos con el nombre de Copérnico, a quien Galileo llamó restaurador y confirmador, no inventor, de la hipótesis heliocéntrica. Durante la mayor parte de los 1 800 años que separan a Aristarco de Copérnico nadie conoció la disposición correcta de los planetas, a pesar de haber sido expuesta de modo perfectamente claro en el 280 a. de C. La idea escandalizó a algunos de los contemporáneos de Aristarco. Hubo gritos, como los dedicados a Anaxágoras, a Bruno y a Galileo, pidiendo que se les condenara por impiedad. La resistencia contra Aristarco y Copérnico, una especie de egocentrismo en la vida diaria, continúa vivo entre nosotros: todavía decimos que el Sol se levanta y que el Sol se pone. Han pasado 2 200 años desde Aristarco y nuestro lenguaje todavía pretende que la Tierra no gira.

La distancia existente entre los planetas cuarenta millones de kilómetros de la Tierra a Venus en el momento de máxima aproximación, seis mil millones de kilómetros hasta Plutón habría asombrado a aquellos griegos que se escandalizaban ante la afirmación de que el Sol pudiera ser tan grande como el Peloponeso. Era algo natural imaginar el sistema solar como una cosa más compacta y local. Si levanto un dedo delante de los ojos y lo examino primero con el ojo izquierdo y luego con el derecho parece desplazarse sobre el fondo lejano. Cuanto más cerca ponga el dedo más parecerá desplazarse. Puedo estimar la distancia de mi dedo midiendo este desplazamiento aparente, o paralaje. Si mis ojos estuviesen más separados, el dedo parecería desplazarse bastante más. Cuanto más larga es la línea base a partir de la cual hacemos dos observaciones, mayor es el paralaje y mejor podremos medir la distancia a objetos remotos. Pero nosotros vivimos en una plataforma en movimiento, la Tierra, que cada seis meses va de un extremo a otro de su órbita, una distancia de 300.000.000 km. Si observamos con una separación de seis meses objetos celestiales inmóviles, estaremos en disposición de medir distancias muy grandes. Aristarco sospechó que las estrellas eran soles distantes. Puso al Sol entre las estrellas fijas. La falta de un paralaje estelar detestable a medida que la Tierra se desplazaba sugería que las estrellas estaban mucho más lejos que el Sol. Antes de la invención del telescopio, el paralaje, incluso de las estrellas más próximas, era demasiado pequeño para ser detectado. El primer paralaje de una estrella no se midió hasta el siglo diecinueve. Quedó claro entonces, aplicando directamente la geometría griega que las estrellas estaban a años luz de distancia.

Hay otro sistema para medir la distancia a las estrellas que los jonios eran perfectamente capaces de descubrir, aunque por lo visto no hicieron uso de él. Todos sabemos que cuanto más lejos está un objeto más pequeño parece. Esta proporcionalidad inversa entre el tamaño aparente y la distancia es la base de la perspectiva en el arte y la fotografía. Por lo tanto, cuanto más lejos estamos del Sol más pequeño y oscuro aparece. ¿A qué distancia tendríamos que estar del Sol para que pareciera tan pequeño y oscuro como una estrella? O bien de modo



equivalente, ¿qué tamaño ha de tener un pequeño fragmento del Sol para que sea del mismo brillo que una estrella?

Christiaan Huygens llevó a cabo un primer experimento para responder a esta cuestión, muy en la onda de la tradición jonia. Huygens practicó pequeños agujeros en una placa de latón, puso la placa contra el Sol y se preguntó cuál era el agujero cuyo brillo equivalía al de la brillante estrella Sirio, brillo que recordaba de la noche anterior. El agujero resultó ser  $1/28\ 000$  del tamaño aparente del Sol. Dedujo: o por lo tanto que Sirio tenía que estar 28 000 veces más lejos de nosotros que el Sol, o sea aproximadamente a medio año luz de distancia. Es difícil recordar el brillo que tiene una estrella muchas horas después de haberla visto, pero Huygens lo recordó muy bien. Si hubiese sabido que el brillo de Sirio era intrínsecamente superior al del Sol, hubiese dado con una respuesta casi exacta: Sirio está a 8,8 años luz de distancia. El hecho de que Aristarco y Huygens utilizaran datos imprecisos y consiguieran respuestas imperfectas apenas importa. Explicaron sus métodos tan claramente que si luego se disponía de mejores observaciones podían derivarse respuestas más precisas.

Entre las épocas de Aristarco y de Huygens los hombres dieron respuesta a la pregunta que me había excitado tanto cuando yo era un chico que crecía en Brooklyn: ¿Qué son las estrellas? La respuesta es que las estrellas son soles poderosos a años luz de distancia en la vastitud del espacio interestelar.

El gran legado de Aristarco es éste: ni nosotros ni nuestros planetas disfrutamos de una posición privilegiada en la naturaleza. Desde entonces esta intuición se ha aplicado hacia lo alto, hacia las estrellas y hacia nuestro entorno, hacia muchos subconjuntos de la familia humana, con gran éxito y una oposición invariable. Ha causado grandes avances en astronomía, física, biología, antropología, economía y política. Me pregunto si su extrapolación social es una razón principal que explica los intentos para suprimirla.

El legado de Aristarco se ha extendido mucho más allá del reino de las estrellas. A fines del siglo dieciocho, William Herschel, músico y astrónomo de Jorge III de Inglaterra, completó un proyecto destinado a cartografiar los cielos estrellados y descubrió que había al parecer un número igual de estrellas en todas direcciones en el plano o faja de la Vía Láctea; dedujo razonablemente de esto que estábamos en el centro de la Galaxia. Poco antes de la primera guerra mundial, Harlow Shapley, de Missouri, ideó una técnica para medir las distancias de los cúmulos globulares, estos deliciosos conjuntos esféricos de estrellas que parecen enjambres de abejas. Shapley había descubierto una candela estelar estándar, una estrella notable por su variabilidad, pero que tenía siempre el mismo brillo intrínseco. Shapley comparó la disminución en el brillo de tales estrellas presentes en cúmulos globulares con su brillo real, deducido de representantes cercanos, y de este modo pudo calcular su distancia: del mismo modo en un campo podemos estimar la distancia a que se encuentra una linterna de brillo intrínseco conocido a partir de la débil luz que llega a nosotros, es decir siguiendo en el fondo el método de Huygens. Shapley descubrió que los cúmulos globulares no estaban centrados alrededor de las proximidades solares

sino más bien alrededor de una región distante de la Vía Láctea, en la dirección de la constelación de Sagitario, el Arquero. Pensó que era muy probable que los cúmulos globulares utilizados en esta investigación, casi un centenar, estuviesen orbitando y rindiendo homenaje al centro masivo de la Vía Láctea.

Shapley tuvo el valor en 1915 de proponer que el sistema solar estaba en las afueras y no cerca del núcleo de nuestra galaxia. Herschel se había equivocado a causa de la gran cantidad de polvo oscurecedor que hay en la dirección de Sagitario; le era imposible conocer el número enorme de estrellas situadas detrás. Actualmente está muy claro que vivimos a unos 30 000 años luz del núcleo galáctico, en los bordes de un brazo espiral, donde la densidad local de estrellas es relativamente reducida. Quizás haya seres viviendo en un planeta en órbita alrededor de una estrella central de uno de los cúmulos globulares de Shapley, o de una estrella situada en el núcleo. Estos seres quizás nos compadezcan por el puñado de estrellas visibles a simple vista que tenemos, mientras que sus cielos están incendiados con ellas. Cerca del centro de la Vía Láctea serían visibles a simple vista millones de estrellas brillantes, mientras que nosotros sólo tenemos unos miserables miles. Podría ponerse nuestro Sol u otros soles, pero no habría nunca noche.

Hasta bien entrado el siglo veinte, los astrónomos creían que sólo había una galaxia en el Cosmos, la Vía Láctea, aunque en el siglo dieciocho Thomas Wright, de Durban, e Immanuel Kant, de Königsberg, tuvieron separadamente la premonición de que las exquisitas formas luminosas espirales que se veían a través del telescopio eran otras galaxias. Kant sugirió explícitamente que M31 en la constelación de Andrómeda era otra Vía Láctea, compuesta por un número enorme de estrellas, y propuso dar a estos objetos la denominación evocativa e inolvidable de universos islas. Algunos científicos jugaron con la idea de que las nebulosas espirales no eran universos islas distantes sino nubes cercanas de gas interestelar en condensación, quizás en camino de convertirse en sistemas solares. Para comprobar la distancia de las nebulosas espirales, se necesitaba una clase de estrellas variables intrínsecamente mucho más brillantes que proporcionara una nueva candela estándar. Se descubrió que estas estrellas, identificadas en M31 por Edwin Hubble en 1924, eran alarmantemente débiles, y que por lo tanto M31 estaba a una distancia prodigiosa de nosotros, distancia que hoy se calcula en algo más de dos millones de años luz. Pero si M31 estaba a tal distancia no podía ser una nube de simples dimensiones interestelares, tenía que ser mucho mayor: una galaxia inmensa por derecho propio. Y las demás galaxias, más débiles, debían estar todavía a distancias mayores, un centenar de miles de millones de ejemplares esparcidas a través de la oscuridad hasta las fronteras del Cosmos conocido.

Los hombres en todos los momentos de su existencia han buscado su lugar en el Cosmos. En la infancia de nuestra especie (cuando nuestros antepasados contemplaban las estrellas con aire distraído), entre los científicos jonios de la Grecia antigua, y en nuestra propia época, nos ha fascinado esta pregunta: ¿Dónde estamos? ¿Quiénes somos? Descubrimos que vivimos en un planeta insignificante de una estrella ordinaria perdida entre dos brazos espirales en las

afueras de una galaxia que es un miembro de un cúmulo poco poblado de galaxias arrinconado en algún punto perdido de un universo en el cual hay muchas más galaxias que personas. Esta perspectiva es una valerosa continuación de nuestra tendencia a construir y poner a prueba modelos mentales de los cielos; el Sol en forma de piedra al rojo vivo, las estrellas como llama celestial y la Galaxia como el espinazo de la noche.

Desde Aristarco, cada paso en nuestra investigación nos ha ido alejando del escenario central del drama cósmico. No hemos dispuesto de mucho tiempo para asimilar estos nuevos descubrimientos. Los hallazgos de Shapley y de Hubble tuvieron lugar cuando ya vivían muchas personas que todavía están entre nosotros. Hay quien deplora secretamente estos grandes descubrimientos, porque considera que cada paso ha sido una degradación, porque en lo más íntimo de su corazón anhela todavía un universo cuyo centro, foco y fulero sea la Tierra. Pero para poder tratar con el Cosmos primero tenemos que entenderlo, aunque nuestras esperanzas de disfrutar de un *status* preferencial conseguido de balde se vean contravenidas en el mismo proceso. Una condición previa esencial para mejorar nuestra vecindad es comprender dónde vivimos. También ayuda saber el aspecto que presentan otros barrios. Si deseamos que nuestro planeta sea importante hay algo que podemos hacer para contribuir a ello. Hacemos importante a nuestro mundo gracias al valor de nuestras preguntas y a la profundidad de nuestras respuestas.

Nos embarcamos en nuestro viaje cósmico con una pregunta formulada por primera vez en la infancia de nuestra especie y repetida en cada generación con una admiración inalterada: ¿Qué son las estrellas? Explorar es algo propio de nuestra naturaleza. Empezamos como pueblo errante, y todavía lo somos. Estuvimos demasiado tiempo en la orilla del océano cósmico. Ahora estamos a punto para zarpar hacia las estrellas.

## Capítulo 8.

### Viajes a través del espacio y el tiempo.

Nadie ha vivido más tiempo que un niño muerto, y Matusalén 1 murió joven.  
El Cielo y la Tierra son tan viejos como yo, y las diez mil cosas son una sola.

ZHUANG Si, hacia el 300 a. de C.

Hemos amado con demasiado fervor a las estrellas para temer a la noche.

(Epitafio en la lápida mortuoria de dos astrónomos aficionados.)

Las estrellas garabatean en nuestros ojos heladas epopeyas, cantos resplandecientes del espacio inconquistado.

HART cae, *El puente*

Las subidas y bajadas del rompiente se deben en parte a las mareas. La Luna y el Sol están a gran distancia, pero su influencia gravitatoria es muy real y perceptible aquí en la Tierra. La playa nos recuerda el espacio. Granos finos de arena, todos ellos de tamaño más o menos uniforme, producidos a partir de rocas mayores después de eras de empujones y roces, de abrasión y erosión, de movimientos impulsados también, a través de las olas y del tiempo atmosférico, por la Luna y el Sol. La playa nos recuerda también el tiempo. El mundo es mucho más antiguo que la especie humana.

Un puñado de arena contiene unos 10 000 granos, un número superior al de las estrellas que podemos ver a simple vista en una noche despejada. Pero el número de estrellas que podemos *ver* es sólo una mínima fracción del número de estrellas que *existen*. Las que nosotros vemos de noche son un pequeño resumen de las estrellas más cercanas. En cambio el Cosmos tiene una riqueza que supera toda medida: el número total de estrellas en el universo es mayor que todos los granos de arena de todas las playas del planeta Tierra.

A pesar de los esfuerzos de los antiguos astrónomos y astrólogos por poner figuras en el cielo, una constelación no es más que una agrupación arbitraria de estrellas, compuesta de estrellas intrínsecamente débiles que nos parecen brillantes porque están cerca, y de estrellas intrínsecamente más brillantes que están algo más distantes. Puede decirse con una precisión muy grande que todos los puntos de la Tierra están a igual distancia de cualquier estrella. A esto se debe que las formas que adoptan las estrellas en una constelación dada no cambien cuando nos desplazamos por ejemplo del Asia central soviética al Medio oeste norteamericano. Desde el punto de vista astronómico, la URSS y los Estados Unidos están en el mismo lugar. Las estrellas de cualquier constelación están tan lejos que no podemos reconocerlas como una configuración tridimensional mientras permanecemos atados a la Tierra. La distancia media entre las estrellas es de unos cuantos años luz, y recordemos que un año luz es diez billones de kilómetros. Para que cambien las formas de las constelaciones tenemos que viajar distancias comparables a las que separan a las estrellas; debemos aventurarnos a través de años luz. Así nos parecerá que algunas estrellas cercanas se salen de la constelación y que otras se introducen en ella, y su configuración cambiará espectacularmente.

Hasta el momento nuestra tecnología es totalmente incapaz de llevar a cabo estos magníficos viajes interestelares, por lo menos con una duración razonable. Pero podemos enseñar a nuestras computadoras las posiciones tridimensionales de todas las estrellas cercanas, y pedirles que se nos lleven en un pequeño viaje, por ejemplo para circunnavegar el conjunto de estrellas brillantes que constituyen la Osa Mayor, y observar entonces el cambio de las constelaciones. Para relacionar las estrellas de las constelaciones típicas utilizamos los diagramas usuales de punto y raya. A medida que cambiamos de perspectiva, vemos que sus formas aparentes sufren deformaciones pronunciadas. Los habitantes de los planetas de estrellas distantes contemplan en sus cielos nocturnos constelaciones muy distintas de las nuestras: otros

tests de Rorschach para otras mentes. Quizás dentro de unos cuantos siglos una nave espacial de la Tierra recorrerá realmente estas distancias a una velocidad notable y verá nuevas constelaciones que ningún hombre ha visto hasta ahora, excepto a través de una computadora.

El aspecto de las constelaciones cambia no sólo en el espacio sino también en el tiempo; no sólo al cambiar nuestra posición sino también al dejar que transcurra un tiempo suficientemente largo. A veces las estrellas se desplazan conjuntamente en grupo o en cúmulo; a veces, una estrella sola puede moverse muy rápidamente con relación a sus compañeras. Puede suceder que una de estas estrellas abandone una constelación y entre en otra. A veces, un miembro de un sistema de dos estrellas explota, rompiendo las trabas gravitacionales que mantenían atada a su compañera, la cual sale disparada hacia el espacio con su anterior velocidad orbital, un disparo de honda en el cielo. Además las estrellas nacen, las estrellas evolucionan, las estrellas mueren. Si esperamos lo suficiente aparecerán nuevas estrellas y desaparecerán estrellas viejas. Las figuras del cielo se funden lentamente y van cambiando.

Las constelaciones han cambiado incluso en el transcurso de la vida de la especie humana: unos cuantos millones de años. Consideremos la actual configuración de la Osa Mayor, o Carro. Nuestra computadora nos puede trasladar no sólo por el espacio sino también por el tiempo. Si pasamos hacia atrás la película de la Osa Mayor, y dejamos que las estrellas se muevan, nos encontramos que hace un millón de años su aspecto era muy distinto. La Osa Mayor se parecía entonces más bien a una lanza. Si una máquina del tiempo nos soltara abruptamente en una edad desconocida del pasado remoto, podríamos en principio determinar la época por la configuración de las estrellas: si la Osa Mayor es como una lanza, tenemos que estar a mediados del pleistoceno.

También podemos pedir al computador que pase hacia delante la película de una constelación. Consideremos Leo, el León. El zodiaco es una faja de doce constelaciones que parece envolver el cielo en la zona que recorre aparentemente el Sol a lo largo del año. La raíz de la palabra es la misma que la de zoo, porque a las constelaciones zodiacales, como Leo, se han atribuido principalmente nombres de animales. Dentro de un millón de años Leo se parecerá todavía menos a un león que ahora. Quizás nuestros remotos descendientes le llamarán la constelación del radiotelescopio, aunque sospecho que dentro de un millón de años el radiotelescopio habrá quedado más superado que la lanza con punta de piedra en la actualidad.

La constelación (no zodiacal) de Orión, el cazador, está perfilada por cuatro estrellas brillantes y cortada por una línea diagonal de tres estrellas que representan el cinturón del cazador. Las estrellas más débiles que penden del cinturón son, según el test proyectivo de la astronomía convencional, la espada de Orión. La estrella central de la espada no es en realidad una estrella sino una gran nube de gas, llamada la Nebulosa de Orión, en la que están naciendo muchas estrellas. Muchas de las estrellas de Orión son estrellas jóvenes y calientes que evolucionan rápidamente y acaban sus días en colosales explosiones cósmicas llamadas supernovas. Nacen y mueren en períodos de

decenas de millones de años. Si hiciéramos pasar rápidamente hacia el futuro la película de Orión, en la computadora obtendríamos un efecto sorprendente, los nacimientos y muertes espectaculares de muchas de sus estrellas, que resplandecen de pronto y mueren en un parpadeo como luciérnagas en la noche. La vecindad del Sol, los alrededores inmediatos del Sol en el espacio, incluye el sistema estelar más próximo, Alpha Centauri. Se trata en realidad de un sistema triple, en el que dos estrellas giran una alrededor de la otra y una tercera estrella, Próxima Centauri, está orbitando el primer par a una distancia discreta. En algunas posiciones de su órbita Próxima es la estrella conocida más próxima al Sol: de ahí su nombre. La mayoría de estrellas en el cielo forman parte de sistemas estelares dobles o múltiples. Nuestro solitario Sol es en cierto modo una anomalía.

La segunda estrella más brillante de la constelación de Andrómeda, llamada Beta Andromedae, está a setenta y cinco años luz de distancia. La luz mediante la cual la vemos se ha pasado setenta y cinco años atravesando las tinieblas del espacio interestelar en su largo viaje hasta la Tierra. Si ocurriera el hecho improbable de que Beta Andromedae hubiera volado en mil pedazos el martes pasado no lo sabríamos hasta dentro de setenta y cinco años, porque esta interesante información que viaja a la velocidad de la luz necesitaría setenta y cinco años para cruzar las enormes distancias interestelares. Cuando la luz con la cual vemos ahora a esta estrella inició su largo viaje, el joven Albert Einstein, que trabajaba en la oficina suiza de patentes, había acabado de publicar aquí en la Tierra su histórica teoría de la relatividad espacial.

El espacio y el tiempo están entretnejidos. No podemos mirar hacia el espacio sin mirar hacia atrás en el tiempo. La luz se desplaza con mucha rapidez. Pero el espacio está muy vacío y las estrellas están muy separadas. Distancias de setenta y cinco años luz o inferiores son muy pequeñas comparadas con otras distancias de la astronomía. Del Sol al centro de la Vía Láctea hay 30 000 años luz. De nuestra galaxia a la galaxia espiral más cercana, M31, también en la constelación de Andrómeda, hay 2.000.000 años luz. Cuando la luz que vemos actualmente de M31 partió de allí hacia la Tierra no había hombres en nuestro planeta, aunque nuestros antepasados estaban evolucionando rápidamente hacia nuestra forma actual. La distancia de la Tierra a los quasars más remotos es de ocho o diez mil millones de años luz. Los vemos tal como eran antes de la acumulación que creó la Tierra, antes de que se formara la Vía Láctea.

Esta situación no es exclusiva de los objetos astronómicos, pero sólo los objetos astronómicos están a suficiente distancia para que la velocidad finita de la luz resulte importante. Si uno mira a una amiga a tres metros de distancia en la otra punta de la habitación no la ve como es ahora, sino tal como era hace una centésima de millonésima de segundo:  $(3\text{m}) / (3 \times 10^8 \text{ m / seg.}) = 1 / (10^8 / \text{seg.}) = 10^{-8} \text{ seg.}$ , es decir una centésima de microsegundo. En este cálculo nos hemos limitado a dividir la distancia por la velocidad para obtener el tiempo transcurrido. Pero la diferencia entre tu amiga ahora y ahora menos una cien millonésima de segundo es demasiado pequeña para que cuente. En cambio si miramos un quasar a ocho mil millones de años luz de distancia, el hecho de que

la estemos mirando tal como era hace ocho mil millones de años puede ser muy importante. (Por ejemplo algunos piensan que los cuasars son fenómenos explosivos que pueden darse con probabilidad en la historia primitiva de las galaxias. En este caso, cuanto más distante esté la galaxia, más temprana es la fase de su historia que estamos observando, y más probable es que la veamos como un cuasar. De hecho el número de cuasars aumenta cuando observamos a distancias superiores a unos cinco mil millones de años.)

Las dos naves espaciales interestelares Voyager, las máquinas más rápidas que se hayan lanzado nunca desde la Tierra, se están desplazando ahora a una diez milésima parte de la velocidad de la luz. Necesitarían 40 000 años para situarse a la distancia de la estrella más próxima. ¿Tenemos alguna esperanza de abandonar la Tierra y de atravesar distancias inmensas para llegar aunque sólo sea a Próxima Centauri al cabo de períodos convenientes de tiempo? ¿Podemos hacer algo para aproximarnos a la velocidad de la luz? ¿Estaremos algún día en disposición de ir a velocidad superior a ella?

Quien se hubiese paseado por el agradable paisaje campestre de la Toscana en los años 1890, hubiese podido encontrarse, quizás, con un adolescente de cabellos algo largos que había dejado la escuela y que iba de camino a Pavía. Sus maestros en Alemania le habían asegurado que no llegaría nunca a nada, que sus preguntas destruían la disciplina de la clase, y que lo mejor era que se fuera. En consecuencia se fue de la escuela y se dedicó a vagabundear por el norte de Italia disfrutando de una libertad que le permitía meditar sobre materias alejadas de los temas que le habían obligado a estudiar en su muy disciplinada escuela prusiana. Su nombre era Albert Einstein y sus meditaciones cambiaron el mundo.

Einstein se había sentido fascinado por la obra de Bernstein *El Libro popular de Ciencia natural*, una obra de divulgación científica que describía en su primera página la increíble velocidad de la electricidad a través de los hilos y de la luz a través del espacio. Él se preguntó qué aspecto tendría el mundo si uno pudiese desplazarse sobre una onda de luz. ¡Viajar a la velocidad de la luz! ¡Qué pensamiento atractivo y fascinante para un chico de excursión por una carretera en el campo salpicado e inundado con la luz del Sol! Si uno se desplazaba sobre una onda de luz, era imposible saber que estaba sobre ella: si uno partía sobre la cresta de una onda, permanecería sobre la cresta y perdería toda noción de que aquello era una onda. Algo raro sucede a la velocidad de la luz. Cuanto más pensaba Einstein sobre estos temas más inquietantes se hacían. Parece que las paradojas surgen por doquier si uno puede desplazarse a la velocidad de la luz. Se habían dado por ciertas algunas ideas sin haberlas pensado con suficiente cuidado. Einstein planteó preguntas sencillas que podían haber sido formuladas siglos atrás. Por ejemplo, ¿qué significa exactamente que dos acontecimientos son simultáneos?

Supongamos que voy en bicicleta y me acerco hacia ti. Al acercarme a un cruce estoy a punto de chocar, o así me lo parece, con un carro arrastrado por un caballo. Hago una ese y consigo por los pelos que no me atropelle. Ahora imaginemos de nuevo este acontecimiento y supongamos que el carro y la

bicicleta van a velocidades cercanas a la de la luz. Tú estás mirando desde el fondo de la carretera y el carro se desplaza en ángulo recto a tu visual. Tú ves que me acerco hacia ti gracias a la luz solar que reflejo. ¿No es lógico que mi velocidad se añada a la velocidad de la luz, de modo que mi imagen te llegaría mucho antes que la imagen del carro? ¿No deberías verme hacer una ese antes de ver llegar al carro? ¿Es posible que el carro y yo nos acerquemos simultáneamente al cruce desde mi punto de vista pero no desde el tuyo? ¿Es posible que yo evite por los pelos la colisión con el carro pero que tú me veas dar una ese alrededor de nada y continuar pedaleando alegremente hacia la ciudad de Vinci? Estas preguntas son curiosas y sutiles. Ponen en tela de juicio lo evidente. Es comprensible que nadie pensara en ellas antes que Einstein. A partir de preguntas tan elementales Einstein elaboró una revisión fundamental de nuestro concepto del mundo, una revolución en la física.

Para poder comprender el mundo, para evitar paradojas lógicas de este tipo al desplazamos a velocidades elevadas, hay que obedecer algunas reglas, algunos mandamientos de la naturaleza. Einstein codificó estas reglas en la teoría especial de la relatividad. La luz (reflejada o emitida) por un objeto se desplaza a idéntica velocidad tanto si el objeto se mueve como si está estacionario: *No sumarás tu velocidad a la velocidad de la luz.* Además, ningún objeto material puede desplazarse a velocidad superior a la de la luz: *No te desplazarás a la velocidad de la luz ni a velocidad superior.* No hay nada en física que te impida desplazarte a una velocidad tan próxima a la de la luz como quieras; el 99,9% de la velocidad de la luz sería un buen tanto. Pero por mucho que lo intentes no conseguirás nunca ganar este último punto decimal. Para que el mundo sea consistente desde el punto de vista lógico ha de haber una velocidad cósmica límite. De no ser así uno tendría la posibilidad de alcanzar la velocidad que deseara sumando velocidades sobre una plataforma en movimiento.

Los europeos a principios de siglo solían creer en marcos de referencia privilegiados: que la cultura o la organización política alemana, o francesa o británica era mejor que la de otros países; que los europeos eran superiores a otros pueblos que habían tenido la fortuna de ser colonizados. Se rechazaba de este modo o se ignoraba la aplicación social y política de las ideas de Aristarco y de Copérnico. El joven Einstein se rebeló contra el concepto de marcos de referencia privilegiados en física y lo propio hizo en política. En un universo lleno de estrellas que salían proyectadas en todas direcciones no había lugar alguno que estuviera en reposo, ninguna estructura desde la cual contemplar el universo que fuera superior a otra estructura cualquiera. Éste es el significado de la palabra *relatividad*. La idea es muy sencilla, a pesar de sus adornos mágicos: al observar el universo cualquier lugar es tan bueno como otro cualquiera. Las leyes de la naturaleza han de ser idénticas con independencia de quien las describa. De ser cierto esto y sería increíble que nuestra localización insignificante en el Cosmos tuviera algo especial, se deduce que uno no puede desplazarse a velocidad superior a la de la luz.

Cuando oímos el restallido de un látigo se debe a que su punta se está desplazando a una velocidad superior a la del sonido, creando una onda de



choque, un pequeño búa sónico. El trueno tiene un origen semejante. Se creía, antes, que los aviones no podrían ir a velocidad superior a la del sonido. Hoy en día el vuelo supersónico es algo trivial. Pero la barrera de la luz es distinta de la barrera del sonido. No se trata simplemente de un problema de ingeniería, como el que resuelve el avión supersónico. Se trata de una ley fundamental de la naturaleza, tan básica como la gravedad. Y no hay fenómenos en nuestra experiencia como el restallido de un látigo o el estampido de un trueno que sugieran la posibilidad de desplazarse en un vacío a velocidad superior a la de la luz. Por el contrario, hay una gama muy amplia de experiencias con aceleradores nucleares y relojes atómicos por ejemplo que concuerdan de modo cuantitativo y preciso con la relatividad especial.

Los problemas de la simultaneidad no se aplican al sonido como se aplican a la luz, porque el sonido se propaga a través de algún medio material, normalmente el aire. La onda sonora que nos llega cuando un amigo está hablando es el movimiento de moléculas en el aire. En cambio la luz se desplaza en un vacío. Hay restricciones sobre la manera de desplazarse las moléculas de aire que no son válidas en un vacío. La luz del Sol nos llega a través del espacio vacío intermedio, pero por mucho que nos esforcemos no podemos oír el crepitar de las manchas solares o el estallido de las erupciones solares. Se había creído, en la época anterior a la relatividad, que la luz se propagaba a través de un medio especial que llenaba todo el espacio, llamado éter luminífero . Pero el famoso experimento de Michelson Morley demostró que este éter era inexistente.

A, veces oímos hablar de cosas que pueden desplazarse a velocidad superior a la de la luz. Se pone como ejemplo, a veces, algo llamado la velocidad del pensamiento . Esta idea es de una tontería excepcional: sobre todo teniendo en cuenta que la velocidad de los impulsos a través de las neuronas de nuestros cerebros es más o menos la misma que la de un carro de burro. El hecho de que los hombres hayan sido lo suficientemente listos para idear la relatividad demuestra que pensamos bien, pero no creo que podamos enorgullecernos de pensar rápido. Sin embargo los impulsos eléctricos en las computadoras modernas van casi a la velocidad de la luz.

La relatividad especial, elaborada totalmente por Einstein a sus veinticinco años, está confirmada por todos los experimentos realizados para comprobarla. Quizás mañana alguien inventará una teoría consistente con todo lo que ya sabemos y que salva las paradojas de la simultaneidad, evita marcos de referencia privilegiados y permite además ir a velocidad superior a la de la luz. Pero lo dudo mucho. La prohibición de Einstein contra un desplazamiento más rápido que la luz puede chocar con nuestro sentido común. Pero, ¿por qué tenemos que confiar al tratar este tema en nuestro sentido común? ¿Puede condicionar nuestra experiencia a 10 kilómetros por hora las leyes de la naturaleza válidas a 300 000 kilómetros por segundo? La relatividad pone límites a lo que los hombres pueden llegar a hacer en último extremo.

Pero no se le pide al universo que esté en perfecta armonía con la ambición humana. La relatividad especial aparta de nuestras manos un sistema posible

para alcanzar las estrellas: la nave que viaja a velocidad superior a la de la luz. Pero sugiere de modo tentador otro método totalmente inesperado.

Supongamos, siguiendo a George Gamow, que hay un lugar donde la velocidad de la luz no tiene su valor real de 300 000 kilómetros por segundo, sino un valor muy modesto: 40 kilómetros por hora, y además un valor que todos obedecen (no hay penas por conculcar las leyes de la naturaleza, porque nadie comete crímenes: la naturaleza se regula a sí misma y se limita a organizar las cosas de modo que sea imposible transgredir sus prohibiciones). Imaginemos que nos estamos acercando a la velocidad de la luz conduciendo un scooter. (La relatividad abunda en frases que empiezan con Imaginemos... Einstein llamó a este tipo de ejercicios *Gedanken experiment*, experimento mental.) A medida que nuestra velocidad aumenta empezamos a ver por detrás de los objetos que adelantamos. Si estamos mirando con la cabeza dirigida rígidamente hacia delante, las cosas que estaban detrás irán apareciendo dentro del campo delantero de visión. Al acercamos a la velocidad de la luz, el mundo toma desde nuestro punto de vista, un aspecto muy raro: todo acaba comprimido en una pequeña ventana circular que está constantemente delante de nosotros. Desde el punto de vista de un observador estacionario, la luz que nosotros reflejamos se enrojece cuando partimos y se azulea cuando volvemos. Si nos desplazamos hacia el observador a una velocidad cercana a la de la luz nos vemos envueltos en un fantástico resplandor cromático: nuestra emisión infrarrojo normalmente invisible se desplazará hacia las longitudes de onda visibles, más cortas. Nos quedaremos comprimidos en la dirección del movimiento, nuestra masa aumentará, y el tiempo, nuestra sensación del tiempo, se hará más lento, lo que constituye una extraordinaria consecuencia de este desplazamiento próximo a la velocidad de la luz llamada dilatación temporal. Pero desde el punto de vista de un observador que se desplazara con nosotros alguien de paquete ninguno de estos efectos serían percibidos.

Estas predicciones peculiares y a primera vista sorprendentes de la relatividad especial son ciertas en un sentido más profundo que cualquier otra cosa en física. Dependen de nuestro movimiento relativo. Pero son reales, no ilusiones ópticas. Pueden demostrarse mediante simples matemáticas, casi todas con álgebra de primer curso, y por lo tanto las puede entender cualquier persona educada. También están de acuerdo con muchos experimentos. Relojes muy precisos transportados en aviones retrasan un poco en comparación con relojes estacionarios. Los aceleradores nucleares están diseñados de modo que tengan en cuenta el aumento de masa producido por el aumento de velocidad; y si no se tuviera esto en cuenta las partículas aceleradas chocarían con las paredes del aparato, y no habría manera de experimentar mucho en física nuclear. Una velocidad es una distancia dividida por un tiempo. Al aproximamos a la velocidad de la luz no podemos sumar simplemente las velocidades, como solemos hacer en el mundo de cada día, y los conceptos familiares de espacio absoluto y de tiempo absoluto independiente de nuestro movimiento *relativo* han de hacerse a un lado. Por esto nos encogemos. Por esto se produce una dilatación temporal.

Al viajar a una velocidad próxima a la de la luz uno apenas envejece, pero los amigos y los parientes que se han quedado en casa siguen envejeciendo a su ritmo normal. ¡Qué diferencia pues entre una persona que vuelve de un viaje relativista y sus amigos, que han envejecido décadas, por ejemplo, mientras él apenas ha envejecido! Un viaje a velocidad próxima a la de la luz es una especie de elixir de la vida. Puesto que el tiempo va más lento a una velocidad cercana a la de la luz, la relatividad especial nos proporciona un medio para alcanzar las estrellas. ¿Pero es posible desde el punto de vista de la ingeniería práctica viajar a una velocidad próxima a la de la luz? ¿Es realizable una nave estelar?

La Toscana no fue solamente la caldera donde se cocieron algunas de las ideas del joven Albert Einstein; fue también la patria de otro gran genio que vivió 400 años antes, Leonardo da Vinci, a quien le encantaba encaramarse a las colinas toscanas y contemplar la tierra desde gran altura, como si estuviera planeando como un pájaro. Fue él quien dibujó las primeras perspectivas aéreas de paisajes, ciudades y fortificaciones. Leonardo, entre sus muchos intereses y realizaciones pintura, escultura, anatomía, geología, historia natural, ingeniería militar y civil tenía una gran pasión: idear y fabricar una máquina que pudiese volar. Trazó dibujos, construyó modelos, fabricó prototipos de tamaño natural, pero ninguno de ellos funcionó. No existía en aquel entonces un motor suficientemente potente y ligero. Sin embargo, los diseños eran brillantes y animaron a los ingenieros de futuros tiempos. El mismo Leonardo quedó muy desanimado por estos fracasos. Pero no era culpa suya, porque estaba atrapado en el siglo quince.

Sucedió un caso semejante en 1939 cuando un grupo de ingenieros que había tomado el nombre de Sociedad Interplanetaria Británica diseñó una nave para trasladar personas a la Luna, utilizando la tecnología de 1939. La nave no era en absoluto idéntica al diseño de la nave espacial Apolo que llevó a cabo exactamente esta misión tres décadas después, pero sugería que algún día una misión a la Luna podía ser una posibilidad práctica de ingeniería.

Hoy en día disponemos de diseños preliminares de naves capaces de llevar personas a las estrellas. No está previsto que ninguna de estas naves parta directamente de la Tierra. Se trata de construirlas en una órbita terrestre, a partir de la cual zarparán hacia sus largos viajes interestelares. Uno de ellos recibió el nombre de Proyecto Orión, el de la constelación, recordando así que el objetivo último de la nave son las estrellas. Orión se movía impulsado por explosiones de bombas de hidrógeno, armas nucleares, contra una placa de inercia, proporcionando cada explosión una especie de puf puf, como si fuera una enorme canoa nuclear en el espacio. Orión parece totalmente práctico desde el punto de vista de su ingeniería. Por su misma naturaleza produciría grandes cantidades de desechos radiactivos, pero si se calculaba bien la misión esto sólo sucedería en las soledades del espacio interplanetario o interestelar. Orión se estuvo desarrollando seriamente en los Estados Unidos hasta la firma del tratado internacional que prohíbe hacer estallar armas nucleares en el espacio. Creo que fue una gran lástima. La nave espacial Orión es el mejor destino que puedo imaginar para las armas nucleares.

**El proyecto Daedalus es un diseño reciente de la Sociedad Interplanetaria Británica. Para construirlo hay que disponer de un reactor nuclear de fusión: algo mucho más seguro y eficiente que las actuales centrales nucleares. Todavía no tenemos reactores de fusión, pero se confía en tenerlos en las próximas décadas. Orión y Daedalus podrían desplazarse a un diez por ciento de la velocidad de la luz. Un viaje a Alpha Centauri, a 4,3 años luz de distancia, precisaría de cuarenta y tres años, un plazo inferior a una vida humana. Estas naves no podrían ir a una velocidad suficientemente próxima a la de la luz para que se notara la dilatación temporal de la relatividad especial. Aunque hagamos proyecciones optimistas sobre el desarrollo de nuestra tecnología, no parece probable que Orión, Daedalus y otras naves de su ralea puedan construirse antes de la mitad del siglo veintiuno, aunque si lo deseáramos Orión se podría construir ahora.**

**Hay que encontrar algo distinto para poder emprender viajes más allá de las estrellas más próximas. Quizás Orión y Daedalus podrían servir de naves multigeneracionales, de modo que sólo llegarían a un planeta de otra estrella los descendientes remotos de los que partieron unos siglos antes. O quizás se descubra un sistema seguro de hibernar personas que permita congelar a los viajeros del espacio y despertarlos siglos después. Estas naves estelares no relativistas, por enormemente caras que sean, parecen en cambio de diseño, construcción y uso relativamente fácil en comparación con naves estelares que se desplacen a velocidades cercanas a las de la luz. Hay otros sistemas estelares accesibles a la especie humana, pero sólo después de grandes esfuerzos.**

**El vuelo espacial interestelar rápido con la velocidad de la nave aproximándose a la de la luz no es un objetivo para dentro de un siglo sino para dentro de mil o diez mil años. Pero en principio es posible. R. W. Bussard ha propuesto una especie de nave interestelar a reacción que va recogiendo la materia difusa, principalmente átomos de hidrógeno, que están flotando entre las estrellas, la acelera en un motor de fusión y la expulsa por detrás. El hidrógeno serviría tanto de combustible como de masa de reacción. Pero en el espacio profundo sólo hay un átomo en cada diez centímetros cúbicos aproximadamente, es decir en un volumen del tamaño de un racimo de uvas. Para que el reactor funcione se necesita un área frontal de recogida de centenares de kilómetros de diámetro. Cuando la nave alcanza velocidades relativistas, los átomos de hidrógeno se desplazarán en relación a la nave a una velocidad cercana a la de la luz. Si no se toman precauciones, adecuadas, la nave y sus pasajeros se freirán por la acción de estos rayos cósmicos inducidos. Una solución propuesta se basa en privar con un láser a los átomos interestelares de sus electrones y de este modo dejarlos eléctricamente cargados mientras están todavía a una cierta distancia; un campo magnético muy potente desviaría entonces a los átomos cargados hacia la pantalla de recogida y lejos del resto de la nave. El esfuerzo de ingeniería que esto supone es de una escala sin precedentes hasta ahora en la Tierra. Estamos hablando de motores del tamaño de pequeños mundos.**

Pero dediquemos un momento a pensar en esta nave. La Tierra nos atrae gravitatoriamente con una cierta fuerza, que si estamos cayendo experimentamos en forma de aceleración. Si caemos de un árbol cosa que debió sucederles a muchos de nuestros antepasados protohumanos bajaremos a plomo cada vez más de prisa y nuestra velocidad de caída aumentará en diez metros por segundo cada segundo. Esta aceleración que caracteriza a la fuerza de la gravedad que nos mantiene sobre la superficie de la Tierra, se llama 1 g, donde g es la gravedad de la Tierra. Con aceleraciones de 1 g nos sentimos a gusto; hemos crecido con 1 g. Si viviéramos en una nave interestelar que pudiese acelerar a 1 g, nos encontraríamos en un ambiente perfectamente natural. De hecho uno de los rasgos más importantes de la teoría general de la relatividad, teoría posterior debida a Einstein, es la equivalencia entre las fuerzas gravitatorias y las fuerzas que sentiríamos en una nave espacial en aceleración. Después de un año de estar en el espacio con una aceleración continua de 1 g tendríamos una velocidad próxima a la de la luz:  $(0,01 \text{ km/seg}^2) \times (3 \times 10^7 \text{ seg})$   
 $3 \times 10^1 \text{ km./seg.}$

Supongamos que una nave espacial acelera a 1 g, acercándose cada vez más a la velocidad de la luz hasta el punto medio del viaje; y que luego se le da la vuelta y desacelera a 1 g hasta llegar a su destino. Durante la mayor parte del viaje la velocidad sería muy próxima a la de la luz y el tiempo se haría enormemente lento. Un objetivo para una misión de cercanías y un sol con posibles planetas es la estrella de Barnard, situada a unos seis años luz de distancia. Se podría llegar a ella en unos ocho años medidos por el reloj de a bordo; al centro de la Vía Láctea, en veintiún años; M3 1, la galaxia de Andrómeda, en veintiocho años. No hay duda que quienes se quedaran en la Tierra verían las cosas de modo distinto. En lugar de veintiún años para llegar al centro de la Galaxia medirán un tiempo transcurrido de 30 000 años. Cuando volvamos a casa no quedarán muchos amigos para darnos la bienvenida. En principio un viaje así con los puntos decimales más próximos todavía a la velocidad de la luz nos permitiría dar la vuelta al universo conocido en unos cincuenta y seis años de tiempo de la nave. Regresaríamos a decenas de miles de millones de años en el futuro, y encontraríamos la Tierra convertida en un montón de ceniza y al Sol muerto. El vuelo espacial relativista hace el universo accesible a las civilizaciones avanzadas, pero únicamente a quienes participan en el viaje. No parece que haya ningún modo de conseguir que la información llegue a los que se quedaron en casa a una velocidad superior a la de la luz.

Es probable que los diseños de Orión, Daedalus y el Ramjet Bussard estén más alejados de la nave interestelar auténtica que algún día construiremos que los modelos de Leonardo de nuestros actuales transportes supersónicos. Pero si conseguimos no destruirnos creo que algún día nos aventuraremos hacia las estrellas. Cuando hayamos explorado todo nuestro sistema solar, nos harán señas los planetas de otras estrellas.

El viaje espacial y el viaje por el tiempo están relacionados. Podemos viajar rápido por el espacio porque viajamos rápido hacia el futuro. Pero, y del pasado, ¿qué? ¿Podemos volver al pasado y cambiarlo? ¿Podemos lograr que los

hechos se desarrollen de modo distinto a lo que dicen los libros de historia? Nos estamos desplazando continuamente hacia el futuro a una velocidad de un día por día. Con naves espaciales relativistas podríamos ir hacia el futuro a mayor velocidad. Pero muchos físicos creen que un viaje al pasado es imposible. Según ellos, aunque dispusiéramos de un aparato capaz de ir hacia atrás en el tiempo, no podríamos hacer nada importante. Si alguien viaja al pasado e impide que sus padres se casen, evitará haber nacido, lo cual es en cierto modo una contradicción, porque es evidente que este alguien existe. Como sucede con la demostración de la irracionalidad de  $\sqrt{2}$ , o en la discusión de la simultaneidad en relatividad espacial, se trata de un argumento que permite dudar de la premisa porque la conclusión parece absurda.

Pero otros físicos proponen la posible coexistencia, una al lado de otra, de dos historias alternativas, dos realidades igualmente válidas: la que uno conoce y otra en la que uno no ha nacido nunca. Quizás el tiempo tiene muchas dimensiones potenciales, aunque estemos condenados a experimentar sólo una de ellas. Supongamos que pudiéramos ir al pasado y cambiarlo, persuadiendo por ejemplo a la reina Isabel para que no diera su apoyo a Cristóbal Colón.

Esto equivale a poner en marcha una secuencia diferente de acontecimientos históricos, que quienes hemos abandonado en nuestra línea temporal no llegarán a conocer nunca. Si fuese posible este tipo de viaje temporal podría existir en cierto modo cualquier historia alternativa imaginable.

La historia es en su mayor parte un haz complejo de hilos profundamente entretejidos, fuerzas sociales, culturales y económicas difíciles de desenredar. Los acontecimientos pequeños, impredecibles y casuales que en número incontable van fluyendo continuamente, no tienen a menudo consecuencias de largo alcance. Pero algunos acontecimientos, los que tienen lugar en intersecciones críticas o puntos de ramificación, pueden cambiar el aspecto de la historia. Puede haber casos en los que resulte posible provocar cambios profundos mediante ajustes relativamente triviales. Cuanto más lejos esté situado en el pasado este acontecimiento más poderosa podrá ser su influencia: porque el brazo de la palanca del tiempo se hace más largo.

Un virus de poliomielitis es un diminuto microorganismo. Cada día topamos con muchos de ellos. Pero por suerte es un hecho raro que nos infecten y provoquen esta temida enfermedad. Franklin D. Roosevelt, el presidente número treinta y dos de los Estados Unidos, tuvo la polio. Se trata de una enfermedad que deja lisiado y quizás esto hizo que Roosevelt sintiera una mayor compasión por los desvalidos; o quizás aumentó sus ansias de éxito. Si la personalidad de Roosevelt hubiese sido distinta, o si no hubiese tenido nunca la ambición de llegar a presidente de los Estados Unidos, es posible que la gran depresión de los años 1930, la segunda guerra mundial y el desarrollo de las armas nucleares hubiesen tenido un desenlace distinto. El futuro del mundo hubiese podido cambiar. Pero un virus es una cosa insignificante, que mide sólo una millonésima de centímetro. Apenas es nada.

Supongamos en cambio que nuestro viajero del tiempo hubiese convencido a la reina Isabel de que la geografía de Colón era errónea, de que según la estimación

por Eratóstenes de la circunferencia de la Tierra Colón no podía alcanzar nunca el Asia. Es casi seguro que en unas pocas décadas otro europeo se habría presentado y habría zarpado hacia el Nuevo Mundo. Las mejoras en la navegación, el incentivo del comercio de las especias y la competencia entre las potencias europeas rivales hacían más o menos inevitable el descubrimiento de América. Como es lógico, hoy no existiría una nación llamada Colombia, ni el Distrito de Columbia ni Columbus, Ohio, ni la Universidad de Columbia en las Américas. Pero el curso general de la historia podría haber sido más o menos el mismo. Para poder afectar el futuro de modo profundo es probable que un viajero del tiempo tuviese que haber intervenido en un número determinado de acontecimientos cuidadosamente escogidos, a fin de cambiar el tejido de la historia.

Es una hermosa fantasía explorar estos mundos que nunca fueron. Si los visitáramos podríamos entender realmente cómo funciona la historia; la historia podría convertirse en una ciencia experimental. Si no hubiese vivido nunca una persona aparentemente decisiva por ejemplo Platón, o Pablo, o Pedro el Grande ¿cómo sería de diferente el mundo? ¿Qué pasaría si la tradición científica de los antiguos griegos jonios hubiese sobrevivido y florecido? Hubiese sido preciso que muchas de las fuerzas sociales de la época fuesen distintas, entre ellas la creencia dominante de que la esclavitud era natural y justificada. Pero ¿qué hubiese sucedido si aquella luz que nacía en el Mediterráneo oriental; hace 2 500 años no se hubiese quedado parpadeante? ¿Qué pasaría si la ciencia y el método experimental y la dignidad de los oficios y las artes mecánicas hubiesen sido cultivados vigorosamente 2 000 años antes de la Revolución Industrial? ¿Qué pasaría si se hubiese apreciado de modo más general el poder de este nuevo modo de pensar? A veces imagino que podríamos habernos ahorrado diez o veinte siglos. Quizás las contribuciones de Leonardo hubiesen llegado hace mil años y las de Albert Einstein hace quinientos años. Como es lógico en esta otra Tierra Leonardo y Einstein no habrían nacido nunca. Todo hubiese sido demasiado distinto. En cada eyaculación hay centenares de millones de células esperináticas, de las cuales sólo una puede fertilizar un óvulo y producir un miembro de la siguiente generación de seres humanos. Pero el decidir qué esperma conseguirá fertilizar un óvulo depende de los factores más mínimos e insignificantes, tanto internos como externos. Habría bastado un cambio en una pequeña cosa hace 2 500 años para que ninguno de nosotros estuviera aquí. Habría miles de millones de otras personas viviendo en nuestro lugar.

Sí el espíritu jonio hubiese vencido, creo que nosotros un nosotros diferente, desde luego estaríamos ya aventurándonos en las estrellas. Nuestras primeras naves de exploración a Alpha Centauri y a la Estrella de Bamard, a Sirio y a Tau Ceti habrían regresado haría ya mucho tiempo. Se estarían construyendo en órbita terrestre grandes flotas de transportes interestelares: naves sin tripulación de reconocimiento, naves de línea para inmigrantes, inmensas naves comerciales para surcar los mares del espacio. Sobre todas estas naves habría símbolos y escritura. Mirando más de cerca podríamos observar que el lenguaje era griego. Y quizás el símbolo en la proa de una de las primeras naves estelares

sería un dodecaedro, con la inscripción: Nave Estelar Teodoro del Planeta Tierra.

En la línea temporal de nuestro mundo las cosas han ido algo más lentas. No estamos listos aún para las estrellas. Pero quizás en un siglo o dos más, cuando todo el sistema solar esté explorado, habremos puesto también nuestro planeta en orden, y tendremos la voluntad, los recursos y el conocimiento técnico para ir a las estrellas. Habremos examinado ya desde grandes distancias la diversidad de otros sistemas planetarios, algunos muy parecidos al nuestro y algunos muy distintos. Sabremos qué estrellas tenemos que visitar. Nuestras máquinas y nuestros descendientes se adentrarán entonces por los años luz, hijos auténticos de Tales y de Aristarco, de Leonardo y de Einstein.

Todavía no sabemos seguro cuántos sistemas planetarios hay además del nuestro, pero parece que su abundancia es grande. En nuestra vecindad inmediata no hay uno solo sino en cierto sentido cuatro: Júpiter, Saturno y Urano disponen cada cual de un sistema de satélites que por sus tamaños relativos y el espaciado de las lunas se parecen mucho a los planetas que giran alrededor del Sol. Una extrapolación de las estadísticas de estrellas dobles cuya masa respectiva es muy dispar sugiere que casi todas las estrellas solitarias como el Sol deberían tener compañeros planetarios.

Todavía no podemos ver directamente los planetas de otras estrellas, porque son diminutos puntos de luz sumergidos en el brillo de sus soles locales. Pero estamos consiguiendo detectar la influencia gravitatoria de un planeta invisible sobre una estrella observada. Imaginemos una estrella así con un movimiento propio importante que durante décadas se va desplazando sobre el fondo de las constelaciones más distantes; y con un planeta grande, por ejemplo de la masa de Júpiter, cuyo plano orbital esté por casualidad alineado formando un ángulo recto con nuestra visual. Cuando el planeta oscuro está desde nuestra perspectiva a la derecha de la estrella, la estrella se verá arrastrada un poco a la derecha, y al revés si el planeta está a la izquierda. En consecuencia el curso de la estrella quedará alterado o perturbado y en lugar de ser una línea recta será una línea ondulada. Las interacciones complejas de las tres estrellas en el sistema de Alpha Centauri harían muy difícil la búsqueda de un compañero de poca masa. Incluso en el caso de la Estrella de Barnard la investigación es penosa, buscando desplazamientos microscópicos de posición sobre placas fotográficas expuestas en un telescopio a lo largo de décadas. Se han llevado a cabo dos intentos de este tipo para encontrar planetas alrededor de la Estrella de Barnard, y según algunos criterios ambos intentos han tenido éxito e indican la presencia de dos o más planetas de masa joviana moviéndose en una órbita (calculada por la tercera ley de Kepler) algo más cercana a su estrella de lo que Júpiter y Saturno están con respecto al Sol. Pero, por desgracia, los dos conjuntos de observaciones parecen mutuamente incompatibles. Es posible que se haya descubierto un sistema planetario alrededor de la Estrella de Barnard, pero para una demostración sin ambigüedades hay que esperar otros estudios.

Están en desarrollo otros métodos para detectar planetas alrededor de las estrellas, entre ellos uno que consiste en ocultar artificialmente la luz



deslumbradora de la estrella poniendo un disco enfrente de un telescopio espacial o bien utilizando el borde oscuro de la Luna como disco a propósito: de este modo la luz reflejada por el planeta ya no queda tapada por el brillo de la estrella próxima y emerge. En las próximas décadas debemos contar con respuestas definitivas y saber cuáles son de entre los centenares de estrellas más próximas las que tienen compañeros planetarios grandes.

En años recientes, las observaciones infrarrojas han revelado la presencia de un cierto número de nubes de gas y de polvo en forma de disco, probablemente preplanetarias, alrededor de algunas estrellas próximas. Mientras tanto algunos estudios teóricos provocativos han sugerido que los sistemas planetarios son una banalidad galáctica. Un conjunto de investigaciones con computadora ha examinado la evolución de un disco plano de gas y de polvo en condensación como los que se suponen que dan origen a estrellas y planetas. Se inyectan pequeñas masas de materia las primeras condensaciones del disco dentro de la nube a intervalos aleatorios. Estas masas acumulan por acreción partículas de polvo a medida que se mueven. Cuando su tamaño es suficiente atraen también gravitatoriamente al gas, principalmente hidrógeno, de la nube. Cuando dos masas de éstas chocan, el programa de la computadora las deja unidas. El proceso continúa hasta que todo el gas y el polvo se han gastado de este modo. Los resultados dependen de las condiciones iniciales, especialmente de la distribución de la densidad de gas y de polvo con la distancia al centro de la nube. Pero dentro de una gama de condiciones iniciales plausibles se generan sistemas planetarios unos diez planetas, de tipo terrestre cerca de la estrella, de tipo joviano en el exterior que presentan un aspecto semejante a los nuestros. En otras circunstancias no hay planetas, sólo una multitud de asteroides; o pueden generarse planetas jovianos cerca de la estrella; o un planeta joviano puede acumular tanto gas y polvo que se convierta en una estrella, originando un sistema estelar binario. Todavía es demasiado pronto para estar seguros, pero parece que podremos encontrar una espléndida variedad de sistemas planetarios por toda la Galaxia, y con una frecuencia elevada, porque creemos que todas las estrellas deben proceder de estas nubes de gas y polvo. Puede haber un centenar de miles de millones de sistemas planetarios en la Galaxia esperando que los exploren.

Ninguno de estos mundos será idéntico a la Tierra. Unos cuantos serán acogedores; la mayoría nos parecerán hostiles. Muchos serán maravillosamente bellos. En algunos mundos habrá muchos soles en el cielo diurno, muchas lunas en los cielos de la noche, o tendrán grandes sistemas de anillos de partículas cruzando de horizonte a horizonte. Algunas lunas estarán tan próximas a su planeta que surgirán en lo alto de los cielos cubriendo la mitad del firmamento. Y algunos mundos tendrán como panorámica una vasta nebulosa gaseosa, los restos de una estrella normal que fue y ya no es. En todos estos cielos, ricos en constelaciones distantes y exóticas, habrá una débil estrella amarilla, quizás apenas visible a simple vista, quizás visible únicamente a través del telescopio: la estrella madre de una flota de transportes interestelares que explorarán esta diminuta región de la gran galaxia Vía Láctea.

Como hemos visto, los temas del espacio y del tiempo están interrelacionados. Los mundos y las estrellas nacen, viven y mueren como las personas. La vida de un ser humano se mide en décadas, la vida del Sol es cien millones de veces más larga. Comparados con una estrella somos algo efímero, como criaturas fugaces que viven toda su vida en el transcurso de un solo día. Desde el punto de vista de un ser efímero los seres humanos somos imperturbables, aburridos, casi totalmente inmovibles, dando apenas una ligera indicación de que hacemos algo alguna vez. Desde el punto de vista de una estrella, un ser humano es un diminuto relampagueo, uno de los miles de millones de breves vidas que parpadean tenuemente sobre la superficie de una esfera extrañamente fría, anómalamente sólida, exóticamente remota, hecha de silicato y de hierro.

En todos estos mundos del espacio hay una secuencia de acontecimientos, hay hechos que determinarán sus futuros. Y en nuestro pequeño planeta, este momento de la historia es un punto crítico de bifurcación tan importante como la confrontación de los científicos jonios con los místicos hace 2 500 años. Lo que hagamos con nuestro mundo en esta época se propagará a través de los siglos y determinará de modo eficaz el destino de nuestros descendientes y su suerte, si llega, entre las estrellas.

## Capítulo 9. Las vidas de las estrellas.

[Ra, el dios Sol] abrió sus dos ojos y proyectó luz sobre Egipto, separó la noche del día. Los dioses salieron de su boca y la humanidad de sus ojos. Todas las cosas nacieron de él, el niño que brilla en el loto y cuyos rayos dan vida a todos los seres.

### Conjuro del Egipto tolemaico

Dios es capaz de crear partículas de materia de distintos tamaños y formas... y quizás de densidades y fuerzas distintas, y de este modo puede variar las leyes de la naturaleza, y hacer mundos de tipos diferentes en partes diferentes del universo. Yo por lo menos no veo en esto nada contradictorio.

### IsAAC NEWTON, *óptica*

Teníamos el cielo allá arriba, todo tachonado de estrellas, y solíamos tumbarnos en el suelo y mirar hacia arriba, y discutir si las hicieron o si acontecieron sin más.

### MARK TWAIN, *Huckleberry Finn*

Tengo... una terrible necesidad... ¿diré la palabra?... de religión. Entonces salgo por la noche y pinto las estrellas.

## VIN( ENT VAN GOGH

PMUHACERUNATARTADE MANZANA necesitamos harina, manzanas, una pizca de esto y de aquello y el calor del horno. Los ingre~

dientes están constituidos por átomos: carbono, oxígeno, hidrógeno y unos cuantos más. ¿De dónde provienen estos átomos? Con excepción del hidrógeno, todos están hechos en estrellas. Una estrella es una especie de cocina cósmica dentro de la cual se cuecen átomos de hidrógeno y se forman átomos más pesados. Las estrellas se condensan a partir de gas y de polvo interestelares los cuales se componen principalmente de hidrógeno. Pero el hidrógeno se hizo en el *Big Bang*, la explosión que inició el Cosmos. Para poder hacer una tarta de manzana a partir de cero hay que inventar primero el universo.

Supongamos que cogemos una tarta de manzana y la cortamos por la mitad; tomemos una de las dos partes y cortémosla por la mitad; y continuemos así con el espíritu de Demócrito. ¿Cuántos cortes habrá que dar hasta llegar a un átomo solo? La respuesta es unos noventa cortes sucesivos. Como es lógico no hay cuchillo lo bastante afilado, la tarta se desmigaja y en todo caso el átomo sería demasiado pequeño para verlo sin aumento. Pero éste es el sistema para llegar a él.

La naturaleza del átomo se entendió por primera vez en la Universidad de Cambridge en Inglaterra en los cuarenta y cinco años centrados en 1910: uno de los sistemas seguidos fue disparar contra átomos piezas de átomos y observar cómo rebotaban. Un átomo típico tiene una especie de nube de electrones en su exterior. Los electrones están cargados eléctricamente, como su nombre indica. La carga se califica arbitrariamente de negativa. Los electrones determinan las propiedades químicas del átomo: el brillo del oro, la sensación fría del hierro, la estructura cristalina del diamante de carbono. El núcleo está dentro, en lo profundo del átomo, oculto muy por debajo de la nube de electrones, y se compone generalmente de protones cargados positivamente y de neutrones eléctricamente neutros. Los átomos son muy pequeños: un centenar de millones de átomos puestos uno detrás de otro ocuparían una longitud igual a la punta del dedo meñique. Pero el núcleo es cien mil veces más pequeño todavía, lo que explica en cierto modo que se tardara tanto en descubrirlo. Sin embargo, la mayor parte de la masa de un átomo está en su núcleo; los electrones comparados con él no son más que nubes de pelusilla en movimiento. Los átomos son en su mayor parte espacio vacío. La materia se compone principalmente de nada.

Yo estoy hecho de átomos. Mi codo, que descansa sobre la mesa que tengo delante, está hecho de átomos. La mesa está hecha de átomos. Pero si los átomos son tan pequeños y vacíos y si los núcleos son todavía más pequeños, ¿por qué me sostiene la mesa? ¿A qué se debe, como solía decir Arthur Eddington, que los núcleos que forman mi codo no se deslicen sin esfuerzo a

través de los núcleos que forman la mesa? ¿Por qué no acabo de bruces en el suelo? ¿O cayendo directamente a través de la Tierra?

La respuesta es la nube de electrones. La pared exterior de un átomo de mi codo tiene una carga eléctrica negativa. Lo mismo sucede con todos los átomos de la mesa. Pero las cargas negativas se repelen. Mi codo no se desliza a través de la mesa porque los átomos tienen electrones alrededor de su núcleo y porque las fuerzas eléctricas son fuertes. La vida cotidiana depende de la estructura del átomo. Si apagamos estas cargas eléctricas todo se hundirá en forma de polvo fino e invisible. Sin fuerzas eléctricas, ya no habría cosas en el universo: sólo nubes difusas de electrones, de protones y de neutrones, y esferas gravitando de partículas elementales, restos informes de los mundos.

Si nos proponemos cortar una tarta de manzana y continuar más allá de un átomo solo, nos enfrentamos con una infinidad de lo muy pequeño. Y cuando miramos el cielo nocturno nos enfrentamos con una infinidad de lo muy grande. Estas infinitudes representan una regresión sin fin que continúa, no para llegar muy lejos, sino para seguir sin tener nunca fin. Si uno se pone entre dos espejos por ejemplo en una barbería verá un gran número de imágenes de sí mismo, cada una reflexión de otra. No podemos ver una infinidad de imágenes porque los espejos no están perfectamente planos ni alineados, porque la luz no se desplaza a una velocidad infinita, y porque estamos en medio. Cuando hablamos del infinito hablamos de una cifra superior a cualquier número por grande que sea.

El matemático norteamericano Edward Kasner pidió en una ocasión a su sobrino de nueve años que inventara un nombre para un número muy grande: diez elevado a cien ( $10^{100}$ ), un uno seguido por cien ceros. El niño le llamó un gugol. He aquí el

número: 1 0 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000  
000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000  
000 000 000 000 000 000 000 000. Cada uno de nosotros pue

de hacer números muy grandes y darles nombres extraños. Intentadlo. Tiene un cierto encanto, especialmente si la edad de uno resulta ser nueve años.

Si un gugol parece grande, consideremos un gugolple. Es diez elevado a la potencia de un gugol: es decir un uno seguido por un gugol de ceros. Como comparación, el número total de átomos en nuestro cuerpo es aproximadamente  $10^{27}$ , y el número total de partículas elementales protones y neutrones y electrones en el universo observable es aproximadamente  $10^{80}$ . Si el universo fuera, por ejemplo, una masa sólida de neutrones, de modo que no quedara ningún espacio vacío, sólo habría unos  $10^{80}$  neutrones en su interior, bastante más que un gugol pero algo trivialmente pequeño comparado con un gugolple. Y sin embargo estos números, el gugol y el gugolple, no se acercan a la idea de infinito, ni la rozan. Un gugolple está *exactamente* a la misma distancia del infinito que el número uno. Podríamos intentar escribir un gugolple, pero es una ambición sin salida. Una hoja de papel lo suficientemente grande para poder escribir en ella explícitamente todos los ceros de un gugolple no se podría meter dentro de; universo conocido. Afortunadamente hay un método más simple y

muy conciso para escribir un gugolple.  $10(10)100$ ; e incluso para escribir infinito: (pronunciado infinito ).

En una tarta de manzana quemada, la mayor parte de lo negro es carbono. Con noventa cortes llegaríamos a un átomo de carbono, con seis protones y seis neutrones en su núcleo y seis electrones en la nube exterior. Si fuéramos a extraer un fragmento del núcleo por ejemplo con dos protones y dos neutrones en él no sería el núcleo de un átomo de carbono, sino el núcleo de un átomo de helio. Este corte o fisión de, los núcleos atómicos tiene lugar en las annas nucleares y en las centrales nucleares convencionales, aunque allí no se rompen átomos de carbono. Si hacemos el corte número noventa y uno de la tarta de manzana, si cortamos un núcleo de carbono, no obtenemos un trozo más pequeño de carbono, sino algo distinto: un átomo con propiedades químicas completamente diferentes. Si cortamos un átomo transmutamos los elementos.

Pero supongamos que seguimos adelante. Los átomos están compuestos de protones, neutrones y electrones. ¿Podemos cortar un protón? Si bombardeamos protones con otras partículas elementales a grandes energías otros protones, por ejemplo empezamos a vislumbrar unidades más fundamentales que se ocultan dentro del protón. Los físicos proponen actualmente que las llamadas partículas elementales como los protones y los neutrones están compuestas en realidad por partículas más elementales, llamadas quarks, que se presentan en una variedad de colores y de sabores , tal como se han denominado sus propiedades en un conmovedor intento por hacer algo más familiar el mundo subnuclear. ¿Son los quarks los elementos constitutivos últimos de la materia, o también ellos están compuestos por partículas más pequeñas y *más* elementales? ¿Llegaremos alguna vez al final en nuestra comprensión de la naturaleza de la materia, o hay una regresión infinita hacia partículas cada vez más fundamentales? Éste es uno de los grandes problemas sin resolver de la ciencia.

En los laboratorios medievales se perseguía la transmutación de los elementos: una actividad llamada alquimia. Muchos alquimistas creían que toda la materia era una mezcla de cuatro sustancias elementales: agua, aire, tierra y fuego, una antigua especulación jónica. Alterando por ejemplo las proporciones relativas de tierra y de fuego sería posible, pensaban ellos, cambiar el cobre en oro. En esta actividad pululaban fraudes encantadores, timadores como Cagliostro y el conde de SaintGennain, que pretendían no sólo transmutar los elementos sino poseer también el secreto de la inmortalidad. A veces se ocultaba el oro en una varilla con un falso fondo de modo que aparecía milagrosamente en un crisol al final de alguna ardua demostración experimental. La nobleza europea, con el señuelo del dinero y de la inmortalidad, acabó transfiriendo grandes sumas a los practicantes de este dudoso arte. Pero hubo alquimistas más serios, como Paracelso e incluso Isaac Newton. El dinero no se malgastó totalmente: se descubrieron nuevos elementos químicos, como el fósforo, el antimonio y el mercurio. De hecho el origen de la química moderna puede relacionarse directamente con estos experimentos.

Hay noventa y nueve tipos químicamente distintos de átomos existentes de modo natural. Se les llama elementos químicos, y hasta hace poco no había más que esto en nuestro planeta, aunque se encuentran principalmente combinados formando moléculas. El agua es una molécula formada por átomos de hidrógeno y de oxígeno. El aire está formado principalmente por los átomos nitrógeno (N), oxígeno (O), carbono (C), hidrógeno (H) y argón (Ar), en las formas moleculares  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2O$  y Ar. La misma Tierra es una mezcla muy rica de átomos, principalmente silicio, oxígeno, aluminio, magnesio y hierro. El fuego no está compuesto en absoluto de elementos químicos. Es un plasma radiante en el cual la alta temperatura ha arrancado algunos de los electrones de sus núcleos. Ninguno de los cuatro antiguos elementos jonios y alquímicos es un elemento en el sentido moderno: uno es una molécula, dos son mezclas de moléculas, y el último es un plasma.

Desde la época de los alquimistas se han ido descubriendo cada vez más elementos, tendiendo a ser los descubiertos últimamente los más raros. Muchos son familiares: los que constituyen la Tierra de modo primario, o los que son fundamentales para la vida. Algunos son sólidos, algunos gases y hay dos (el bromo y el mercurio) que son líquidos a temperatura ambiente. Los científicos los ordenan convencionalmente por orden de complejidad. El más simple, el hidrógeno, es el elemento 1, y el más complejo, el uranio, es el elemento 92. Otros elementos son menos familiares: hafnio, erbio, diprosio y praseodimio, por ejemplo, que no los encontramos con demasiada frecuencia en la vida cotidiana. Podemos decir que cuanto más familiar nos resulta un elemento más abundante es. La Tierra contiene gran cantidad de hierro y bastante poca de plomo. Como es lógico hay excepciones a esta regla, como el oro o el uranio, elementos apreciados por convenciones económicas o juicios estéticos arbitrarios, o porque tienen notables aplicaciones prácticas.

El que los átomos están compuestos por tres tipos de partículas elementales: protones, neutrones y electrones es un descubrimiento relativamente reciente. El neutrón no se descubrió hasta 1932. La física y la química modernas han reducido la complejidad del mundo sensible a una simplicidad asombrosa: tres unidades reunidas de maneras distintas lo forman esencialmente todo.

Los neutrones, como hemos dicho y como su nombre sugiere, no llevan carga eléctrica. Los protones tienen una carga positiva y los electrones una carga negativa igual. La atracción entre cargas opuestas de electrones y de protones es lo que mantiene unido al átomo. Puesto que cada átomo es eléctricamente neutro, el número de protones en el núcleo tiene que ser exactamente igual al número de electrones en la nube de electrones. La química de un átomo depende únicamente del número de electrones, que es igual al número de protones y que se llama número atómico. La química no es más que números, idea que le habría gustado a Pitágoras. Si eres un átomo con un protón eres hidrógeno; con dos, helio; con tres, litio; con cuatro, berilio; con cinco, boro; con seis, carbono; con siete, nitrógeno; con ocho, oxígeno, y así sucesivamente hasta 92 protones, en cuyo caso tu nombre es uranio.

Las cargas iguales (cargas del mismo signo) se repelen fuertemente. Lo podemos imaginar como una intensa aversión mutua contra los de la propia especie, un poco como si el mundo estuviese densamente poblado por anacoretas y misántropos. Los electrones repelen a los electrones. Los protones repelen a los protones. ¿Cómo es posible entonces que el núcleo se mantenga unido? ¿Por qué no salta instantáneamente por los aires? Porque hay otra fuerza de la naturaleza: no la gravedad, ni la electricidad, sino la fuerza nuclear de acción próxima que actúa como un conjunto de ganchos que actúan y sujetan sólo cuando los protones y los neutrones se acercan mucho y consiguen superar la repulsión eléctrica entre los protones. Los neutrones, que contribuyen con sus fuerzas nucleares de atracción y no con fuerzas eléctricas de repulsión, proporcionan una especie de pegamento que contribuye a mantener unido el núcleo. Los eremitas que anhelaban la soledad han quedado encadenados a sus gruñones compañeros y mezclados con otros más propensos a la amabilidad indiscriminado y voluble.

Dos protones y dos neutrones forman el núcleo de un átomo de helio, que resulta ser muy estable. Tres núcleos de helio forman un núcleo de carbono; cuatro, oxígeno; cinco, neón; seis, magnesio; siete, silicio; ocho, azufre y así sucesivamente. Cada vez que añadimos uno o más protones y neutrones suficientes para mantener unido el núcleo, hacemos un elemento químico nuevo. Si restamos un protón y tres neutrones del mercurio hacemos oro, el sueño de los antiguos alquimistas. Más allá del uranio hay otros elementos que no existen de modo natural en la Tierra. Los sintetizan los hombres y en la mayoría de las casos se fragmentan rápidamente. Uno de ellos el elemento 94, se llama plutonio y es una de las sustancias más tóxicas conocidas. Por desgracia se desintegra bastante lentamente.

¿De dónde proceden los elementos existentes de modo natural? Podríamos imaginar una creación separada de cada especie atómica. Pero el universo en su totalidad y en casi todas partes está formado por un 99% de hidrógeno y de helio, los dos elementos más simples. De hecho el helio se detectó en el Sol antes de ser descubierto en la Tierra, de ahí su nombre (de Helios, uno de los dioses sol de Grecia). ¿Es posible que los demás elementos químicos hayan evolucionado de algún modo a partir de hidrógeno y de helio? Para equilibrar la repulsión eléctrica hay que aproximar mucho las piezas de materia nuclear de modo que entren en acción las fuerzas nucleares de corto alcance. Esto sólo puede suceder a temperaturas muy altas, cuando las partículas se mueven con tanta velocidad que la fuerza repulsiva no tiene tiempo de actuar: temperaturas de decenas de millones de grados. En la naturaleza estas temperaturas tan elevadas y sus correspondientes presiones sólo se dan de modo corriente en los interiores de las estrellas.

Hemos examinado nuestro Sol, la estrella más próxima, en varias longitudes de onda, desde las ondas de radio hasta la luz visible normal y los rayos X, radiaciones que proceden únicamente de las capas más exteriores. El Sol no es exactamente una piedra al rojo vivo, como pensó Anaxágoras, sino una gran bola gaseosa de hidrógeno y de helio, que brilla por su elevada temperatura, del

mismo modo que un atizador brilla si se le pone al rojo. Anaxágoras tenía razón, por lo menos en parte. Las violentas tempestades solares producen erupciones brillantes que perturban las comunicaciones de radio en la Tierra; y penachos inmensos y arqueados de gas caliente, guiados por el campo magnético del Sol, las prominencias solares, que dejan enana a la Tierra. Las manchas solares, visibles a veces a simple vista al ponerse el sol, son regiones más frías donde la intensidad del campo magnético es más elevada. Toda esta actividad incesante desbordada y turbulenta se da en la superficie visible, relativamente fría. Sólo vemos unas temperaturas de unos 6 000 oC. Pero el interior oculto del Sol donde se genera la luz solar está a 40 millones de grados.

Las estrellas y sus planetas acompañantes nacen debido al colapso gravitatorio de una nube de gas y de polvo interestelares. La colisión de las moléculas gaseosas en el interior de la nube la calienta hasta el punto en el cual el hidrógeno empieza a fundirse dando helio: cuatro núcleos de hidrógeno se combinan y forman un núcleo de helio, con la emisión simultánea de un fotón de rayos gamma. El fotón sufre absorciones y emisiones por parte de la materia situada encima suya y se va abriendo paso paulatinamente hacia la superficie de la estrella, perdiendo energía en cada paso, y llegando al final después de una épica jornada que ha durado un millón de años hasta la superficie, donde emerge en forma de luz visible y es radiado hacia el espacio. La estrella empieza a funcionar. El colapso gravitatorio de la nube preestelar ha quedado detenido. El peso de las capas exteriores de la estrella está sostenido ahora por las temperaturas y presiones elevadas generadas en las reacciones nucleares del interior. El Sol ha estado en esta situación estable durante los últimos cinco mil millones de años. Reacciones termonucleares como las que tienen lugar en una bomba de hidrógeno proporcionan energía al Sol gracias a una explosión contenida y continua, que convierte unos cuatrocientos millones de toneladas ( $4 \times 10^{14}$  g) de hidrógeno en helio cada segundo. Cuando de noche miramos hacia lo alto y contemplamos las estrellas todo lo que vemos está brillando debido a fusiones nucleares distantes.

En la dirección de la estrella Deneb, en la constelación del Cisne, hay una enorme superburbuja brillante de gas muy caliente, producida probablemente por explosiones de supernovas (las muertes de estrellas) cerca del centro de la burbuja. En la periferia, la materia interestelar se ve comprimida por la onda de choque de la supernova, poniendo en marcha nuevas generaciones de colapsos de nubes y de formación de estrellas. En este sentido las estrellas tienen padres; y como a veces sucede entre los hombres, un padre puede morir cuando nace el niño.

Las estrellas, como el Sol, nacen en lotes, en grandes complejos de nubes comprimidas como la Nebulosa de Orión. Estas nubes vistas desde el exterior parecen oscuras y tenebrosas. Pero en el interior están iluminadas brillantemente por las estrellas calientes que están naciendo (pág. 230). Más tarde las estrellas marchan de la guardería y se buscan la vida en la Vía Láctea como adolescentes estelares rodeadas todavía por mechones de nebulosidad incandescente, residuos de su gas amniótico, que permanecen unidos todavía



gravitatoriamente a ellas. Las Pléyades (pág. 231) constituyen un ejemplo próximo. Como en las familias humanas, las estrellas que maduran viajan lejos de casa, y los hermanos se ven muy poco. En algún punto de la Galaxia hay estrellas quizás docenas de estrellas que son hermanas del Sol, formadas a partir del mismo complejo nebuloso, hace unos cinco mil millones de años. Pero no sabemos qué estrellas son. Podrían estar perfectamente al otro lado de la Vía Láctea.

La conversión del hidrógeno en helio en el centro del Sol no sólo explica el brillo del Sol con fotones de luz visible; también produce un resplandor de un tipo más misterioso y fantasmal: El Sol brilla débilmente con neutrinos, que, como los fotones, no pesan nada y se desplazan a la velocidad de la luz. Pero los neutrinos no son fotones. No son un tipo de luz. Los neutrinos tienen el mismo momento angular intrínseco, o espín, que los protones, los electrones y los neutrones; en cambio, los fotones tienen el doble de espín. La materia es transparente para los neutrinos, que atraviesan casi sin esfuerzo tanto la Tierra como el Sol. Sólo una diminuta fracción de ellos queda detenida por la materia interpuesta. Cuando levanto mis ojos hacia el Sol, durante un segundo pasan por ellos mil millones de neutrinos. Como es lógico no quedan detenidos en la retina, como les sucede a los fotones normales, sino que continúan sin que nada les moleste y atraviesan toda mi cabeza. Lo curioso es que si de noche miro hacia el suelo, hacia la parte donde debería estar el Sol (si no hubiese interpuesta la Tierra), pasa por mi ojo un número casi exactamente igual de neutrinos solares que fluyen a través de esta Tierra interpuesta tan transparente para los neutrinos como una placa de cristal es transparente para la luz visible.

Si nuestro conocimiento del interior solar es tan completo como imaginamos, y si además entendemos la física nuclear que origina los neutrinos, deberíamos poder calcular con bastante precisión los neutrinos solares que debería recibir un área dada como la de mi ojo en una unidad dada de tiempo, por ejemplo un segundo. La confirmación experimental del cálculo es mucho más difícil. Los neutrinos pasan directamente a través de la Tierra y es imposible atrapar un neutrino dado. Pero si su número es grande, una pequeña fracción entrará en interacción con la materia, y si las circunstancias son apropiadas podrá detectarse. Los neutrinos pueden convertir en raras ocasiones a los átomos de cloro en átomos de argón, átomos con el mismo número total de protones y de neutrones. Para detectar el flujo solar predicho de neutrinos se necesita una cantidad inmensa de cloro, y en consecuencia unos físicos norteamericanos vertieron grandes cantidades de líquido detergente en la Mina Homestake de Lea, en Dakota del Sur. Se microfilitra luego el cloro para descubrir el argón de reciente producción. Cuanto más argón se detecta, más neutrinos se supone que han pasado. Estos experimentos indican que el Sol es más débil en neutrinos de lo que los cálculos predicen.

Esto supone un misterio real todavía no resuelto. El bajo flujo de neutrinos solares desde luego no pone en peligro nuestro concepto de la nucleosíntesis estelar, pero no hay duda que significa algo importante. Las explicaciones propuestas van desde la hipótesis de que los neutrinos se desintegran durante

su trayecto entre el Sol y la Tierra hasta la idea de que los fuegos nucleares en el interior solar han quedado provisionalmente interrumpidos y que en nuestra época la luz solar se genera parcialmente por una lenta contracción gravitatoria. Pero la astronomía de neutrinos es muy nueva. De momento estamos asombrados por haber creado un instrumento que pueda atisbar directamente el corazón ardiente del Sol. A medida que aumente la sensibilidad del telescopio de neutrinos, será posible, quizás, sondear la fusión nuclear en los interiores profundos de estrellas cercanas.

Pero la fusión del hidrógeno no puede continuar indefinidamente: en el Sol o en cualquier otra estrella hay una cantidad limitada de hidrógeno combustible en su caliente interior. El destino de una estrella, el final de su ciclo vital depende mucho de su masa inicial. Si una estrella, después de haber perdido en el espacio una cantidad determinada de su masa, conserva de dos a tres veces la masa del Sol, finaliza su ciclo vital de un modo impresionantemente distinto al del Sol. Pero el destino del Sol ya es de por sí espectacular. Cuando todo el hidrógeno central haya reaccionado y formado helio, dentro de cinco o seis mil millones de años a partir de ahora, la zona de fusión del hidrógeno irá migrando lentamente hacia el exterior, formando una cáscara en expansión de reacciones termonucleares, hasta que alcance el lugar donde las temperaturas son inferiores a unos diez millones de grados. Entonces, la fusión del hidrógeno se apagará. Mientras tanto, la gravedad propia del Sol obligará a una renovada contracción de su núcleo rico en helio y a un aumento adicional de las temperaturas y presiones interiores. Los núcleos de helio quedarán apretados más densamente todavía, llegando incluso a pegarse los unos a los otros porque los ganchos de sus fuerzas nucleares de corto alcance habrán entrado en acción a pesar de la mutua repulsión eléctrica. La ceniza se convertirá en combustible y el Sol se disparará de nuevo iniciando una segunda ronda de reacciones de fusión.

Este proceso generará los elementos carbono y nitrógeno, y proporcionará energía adicional para que el Sol continúe brillando durante un tiempo limitado. Una estrella es un fénix destinado a levantarse durante un tiempo de sus cenizas. El Sol, bajo la influencia combinada de la fusión del hidrógeno en una delgada cáscara lejos del interior solar y de la fusión del helio a alta temperatura en el núcleo, experimentará un cambio importante: su exterior se expandirá y se enfriará. El Sol se convertirá en una estrella gigante roja, con una superficie visible tan alejada de su interior que la gravedad en su superficie será débil y su atmósfera se expandirá hacia el espacio como una especie de vendaval estelar. Cuando este Sol rubicundo e hinchado se haya convertido en un gigante rojo envolverá y devorará a los planetas Mercurio y Venus, y probablemente también a la Tierra. El sistema solar interior residirá entonces dentro el Sol.

Dentro de miles de millones de años habrá un último día perfecto en la Tierra. Luego, el Sol irá enrojeciendo e hinchándose lentamente y presidirá una Tierra que estará abrasándose incluso en los polos. Los casquetes de hielo polar en el Ártico y en el Antártico se fundirán inundando las costas del mundo. Las altas temperaturas oceánicas liberarán más vapor de agua en el aire, aumentando la

nebulosidad, protegiendo a la Tierra de la luz solar y aplazando un poco el final. Pero la evolución solar es inexorable. Llegará un momento en que los océanos entrarán en ebullición, la atmósfera se evaporará y se perderá en el espacio y una catástrofe de proporciones inmensas e inimaginables asolará nuestro planeta. 6 Mientras tanto, es casi seguro que los seres humanos habrán evolucionado hacia algo muy diferente. Quizás nuestros descendientes serán capaces de controlar o moderar la evolución estelar. O quizás se limitarán a coger los trastos y marcharse a Marte, a Europa o a Titán, o quizás, al final, como imaginó Robert Goddard, decidirán buscarse un planeta deshabitado en algún sistema planetario joven y prometedor.

La ceniza estelar del Sol sólo puede reutilizarse como combustible hasta cierto punto. Llegará un momento en que todo el interior solar sea carbono y oxígeno, cuando ya a las temperaturas y presiones dominantes no pueda ocurrir ninguna reacción nuclear más. Cuando el helio central se haya gastado casi del todo, el interior del Sol continuará su aplazado colapso, las temperaturas aumentarán de nuevo poniendo en marcha una última onda de reacciones nucleares y expandiendo la atmósfera solar un poco más. El Sol, en su agonía de muerte, pulsará lentamente, expandiéndose y contrayéndose con un período de unos cuantos milenios, hasta acabar escupiendo su atmósfera al espacio en forma de una o más cáscaras concéntricas de gas. El interior solar, caliente y sin protección, inundará la cáscara con luz ultravioleta induciendo una hermosa fluorescencia roja y azul que se extenderá más allá de la órbita de Plutón. Quizás la mitad de la masa del Sol se perderá de este modo. El sistema solar se llenará entonces de un resplandor misterioso: el fantasma del Sol viajando hacia el exterior.

Cuando miramos a nuestro alrededor, en el pequeño rincón de Vía Láctea que ocupamos, vemos muchas estrellas rodeadas por cáscaras esféricas de gas incandescente, las nebulosas planetarias. (No tienen nada que ver con planetas, pero algunas recordaban, en telescopios menos perfeccionados, los discos azules y verdes de Urano y de Neptuno.) Presentan la forma de anillos, pero esto es debido a que vemos más su periferia que su centro, como las pompas de jabón. Cada nebulosa planetario señala la presencia de una estrella *in extremas*. Cerca de la estrella central puede haber una corte de mundos muertos, los restos de planetas que antes estaban llenos de vida y que ahora privados de aire y de océanos, están bañados en una luminosidad fantasmal. Los restos del Sol, el núcleo solar desnudo, envuelto primero en su nebulosa planetario, serán una pequeña estrella caliente, que emitirá su calor al espacio y que habrá quedado colapsada hasta poseer una densidad inimaginable en la Tierra, más de una tonelada en una cucharadita de té. Miles de millones de años más tarde el Sol se convertirá en una enana blanca degenerada, enfriándose como todos estos puntos de luz que vemos en los centros de nebulosas planetarias que pierden sus altas temperaturas superficiales y llegan a su estado final, el de una enana negra oscura y muerta.

Dos estrellas de idéntica masa evolucionarán más o menos paralelamente. Pero una estrella de masa superior gastará más rápidamente su combustible

nuclear, se convertirá antes en una gigante roja e iniciará primero el descenso final hacia una enana blanca. Tendría que haber, y así se comprueba, muchos casos de estrellas binarias en los que una componente es una gigante roja y la otra una enana blanca. Algunos de estos pares están tan próximos que se tocan, y una atmósfera solar incandescente fluye de la hinchada gigante roja a la compacta enana blanca y tiende a caer en una provincia concreta de la superficie de la enana blanca. El hidrógeno se acumula, comprimido a presiones y temperaturas cada vez más elevadas por la intensa gravedad de la enana blanca, hasta que la atmósfera robada a la gigante roja sufre reacciones termonucleares y la enana blanca experimenta una breve erupción que la hace brillar. Una binaria de este tipo se llama una nova y tiene un origen muy distinto al de una supernova. Las novas se dan únicamente en sistemas binarios y reciben su energía de la fusión del hidrógeno; las supernovas se dan en estrellas solas y reciben su energía de la fusión del silicio.

Los átomos sintetizados en los interiores de las estrellas acaban normalmente devueltos al gas interestelar. Las gigantes rojas finalizan con sus atmósferas exteriores expulsadas hacia el espacio; las nebulosas planetarias son las fases finales de estrellas de tipo solar que hacen saltar su tapadera. Las supernovas expulsan violentamente gran parte de su masa al espacio. Los átomos devueltos son, como es lógico, los que se fabrican más fácilmente en las reacciones termonucleares de los interiores de las estrellas: el hidrógeno se fusiona dando helio, el helio da carbono, el carbono da oxígeno, y después en estrellas de gran masa, y por sucesivas adiciones de más núcleos de helio, se construyen neón, magnesio, silicio, azufre, etc.: adiciones que se realizan por pasos, dos protones y dos neutrones en cada paso hasta llegar al hierro. La fusión directa del silicio genera también hierro: un par de átomos de silicio cada uno con veintiocho protones y neutrones se funden a una temperatura de miles de millones de grados y hacen un átomo de hierro con cincuenta y seis protones y neutrones.

Todos éstos son elementos químicos familiares. Sus nombres nos suenan. Estas reacciones nucleares no generan fácilmente erbio, hafnio, diprosio, praseodimio o itrio, sino los elementos que conocemos de la vida diaria, elementos devueltos al gas interestelar, donde son recogidos en una generación subsiguiente de colapso de nube y formación de estrella y planeta. Todos los elementos de la Tierra, excepto el hidrógeno y algo de helio, se cocinaron en una especie de alquimia estelar que hace miles de millones de años en estrellas que ahora son quizás enanas blancas inconspicuas al otro lado de la galaxia Vía Láctea. El nitrógeno de nuestro ADN, el calcio de nuestros dientes, el hierro de nuestra sangre, el carbono de nuestra . tartas de manzana se hicieron en los interiores de estrellas en proceso de colapso. Estamos hechos, pues, de sustancia estelar.

Algunos de los elementos más raros se generan en la misma explosión de supernova. El hecho de que tengamos una relativa abundancia de oro y de uranio en la Tierra se debe únicamente a que hubo muchas explosiones de supernovas antes de que se formara el sistema solar. Otros sistemas planetarios pueden tener cantidades diferentes de nuestros elementos raros. ¿Existen quizás

planetas cuyos habitantes exhiben, orgullosos, pendientes de niobio y brazaletes de protactinio, mientras que el oro es una curiosidad de laboratorio? ¿Mejorarían nuestras vidas si el oro y el uranio fueran tan oscuros y poco importantes en la Tierra como el praseodimio?

El origen y la evolución de la vida están relacionados del modo más íntimo con el origen y evolución de las estrellas. En primer lugar la materia misma de la cual estamos compuestos, los átomos que hacen posible la vida fueron generados hace mucho tiempo y muy lejos de nosotros en estrellas rojas gigantes. La abundancia relativa de los elementos químicos que se encuentran en la Tierra se corresponde con tanta exactitud con la abundancia relativa de átomos generados en las estrellas, que no es posible dudar mucho de que las gigantes rojas y las supernovas son los hornos y crisoles en los cuales se formó la materia. El Sol es una estrella de segunda o tercera generación. Toda la materia de su interior, toda la materia que vemos a nuestro alrededor, ha pasado por uno o dos ciclos previos de alquimia estelar. En segundo lugar, la existencia de algunas variedades de átomos pesados en la Tierra sugiere que hubo una explosión de supernova cerca de nosotros poco antes de formarse el sistema solar. Pero es improbable que se tratara de una simple coincidencia; lo más probable es que la onda de choque producida por la supernova comprimiera el gas y el polvo interestelar y pusiera en marcha la condensación del sistema solar. En tercer lugar, cuando el Sol empezó a brillar, su radiación ultravioleta inundó la atmósfera de la Tierra; su calor generó relámpagos, y estas fuentes de energía fueron la chispa de las complejas moléculas orgánicas que condujeron al origen de la vida. En cuarto lugar, la vida en la Tierra funciona casi exclusivamente a base de luz solar. Las plantas recogen los fotones y convierten la energía solar en energía química. Los animales parasitan a las plantas. La agricultura es simplemente la recogida sistemática de luz solar, que se sirve de las plantas como de involuntarios intermediarios. Por lo tanto casi todos nosotros estamos accionados por el Sol. Finalmente, los cambios hereditarios llamados mutaciones proporcionan la materia prima de la evolución. Las mutaciones, entre las cuales la naturaleza selecciona su nuevo catálogo de formas vivas, son producidas en parte por rayos cósmicos: partículas de alta energía proyectadas casi a la velocidad de la luz en las explosiones de supernovas. La evolución de la vida en la Tierra es impulsada en parte por las muertes espectaculares de soles remotos y de gran masa.

Supongamos que llevamos un contador Geiger y un trozo de mineral de uranio a algún lugar situado en las profundidades de la Tierra: por ejemplo una mina de oro o un tubo de lava, o una caverna excavada a través de la Tierra por un río de roca fundida. El sensible contador suena cuando está expuesto a rayos gamma o a partículas cargadas de alta energía como protones y núcleos de helio. Si lo acercamos al mineral de uranio, que está emitiendo núcleos de helio por una desintegración nuclear espontánea, el contaje, el número de chasquidos del contador por minuto, aumenta espectacularmente. Si metemos el mineral de uranio dentro de un bote pesado de plomo, el contaje disminuye sustancialmente; el plomo ha absorbido la radiación del uranio. Pero todavía

pueden oírse algunos chasquidos. Una fracción del contaje restante procede de la radiactividad natural de las paredes de la caverna. Pero hay más chasquidos de lo que esta radiactividad explica. Algunos son causados por partículas cargadas de alta energía que entran por el tejado. Estamos escuchando los rayos cósmicos, producidos en otra era en las profundidades del espacio. Los rayos cósmicos, principalmente protones y electrones, han estado bombardeando la Tierra durante toda la historia de la vida en nuestro planeta. Una estrella se destruye a sí misma a miles de años luz de distancia y produce rayos cósmicos que viajan en espiral por la galaxia Vía Láctea durante millones de años hasta que por puro accidente algunos de ellos chocan con la Tierra y con nuestro material hereditario. Quizás algunos pasos clave en el desarrollo del código genético, o la explosión del Cámbrico, o la estación bípeda de nuestros antepasados, fueron iniciados por los rayos cósmicos.

El 4 de junio del año 1054, astrónomos chinos anotaron la presencia de lo que ellos llamaban estrella invitada en la constelación de Tauro, el Toro. Una estrella no vista nunca hasta entonces se hizo más brillante que cualquier otra estrella del cielo. A medio mundo de distancia, en el suroeste norteamericano, había entonces una cultura superior, rica en tradición astronómico, que también presenció esta nueva y brillante estrella. 7 La datación con el carbono 14 de los restos de un fuego de carbón nos permiten saber que a mediados del siglo once algunos anasazi, antecesores de los actuales hopi, vivían bajo una plataforma saliente en el actual Nuevo Méjico. Parece que uno de ellos dibujó en la pared, protegida por el saliente de la intemperie, un dibujo de la nueva estrella. Su posición en relación a la luna creciente habría sido exactamente tal como la dibujaron. Hay también la impresión de una mano, quizás la firma del artista.

Esta estrella notable, a 5 000 años luz de distancia, se denomina actualmente la Supernova Cangrejo, porque a un astrónomo, siglos más tarde, le pareció ver, inexplicablemente, un cangrejo cuando observaba los restos de la explosión a través de su telescopio. La Nebulosa Cangrejo está formada por los restos de una estrella de gran masa que autoexplotó. La explosión se vio en la Tierra a simple vista durante tres meses. Era fácilmente visible a plena luz del día, y con su luz se podía leer de noche. Una supemova se da en una galaxia, como promedio, una vez por siglo. Durante la vida de una galaxia típica, unos diez mil millones de años, habrán explotado un centenar de millones de estrellas: un número grande, pero que en definitiva sólo afecta a una de cada mil estrellas. En la Vía Láctea, después del acontecimiento de 1054, hubo una supemova observada en 15 72, y descrita por Tycho Brahe, y otra poco después en 1604 descrita por Johannes Kepler. 1 Por desgracia no se ha observado ninguna explosión de supernova en nuestra Galaxia después de la invención del telescopio, y los astrónomos han tenido que reprimir su impaciencia durante algunos siglos.

Las supemovas se observan actualmente de modo rutinario en otras galaxias. Entre mis candidatas para escoger la frase que asombraría más profundamente a un astrónomo de principios de siglo tengo la siguiente sacada de un artículo de David Helfand y Knox Long en el número del 5 de diciembre de 1979 de la revista

británica *Nature*: El 5 de marzo de 1979, nueve naves espaciales interplanetarias de la red de sensores de estallidos registraron un estallido muy intenso de rayos X y rayos gamma y lo localizaron mediante determinaciones del tiempo de vuelo en una posición coincidente con el resto de supernova N49 de la Gran Nube de Magallanes. (La Gran Nube de Magallanes, llamada así porque el primer habitante del hemisferio Norte que se dio cuenta de ella fue Magallanes, es una pequeña galaxia satélite de la Vía Láctea, a 180 000 años luz de distancia. Como puede suponerse hay también una Pequeña Nube de Magallanes.) Sin embargo, en el mismo número de *Nature*, E. P. Mazets y sus colegas del Instituto Ioffe, de Leningrado, que observaron esta fuente con el detector de estallidos de rayos gamma a bordo de las naves espaciales Venera 11 y 12 en camino para aterrizar en Venus, afirman que lo que se está observando es un pulsar eruptivo a sólo unos centenares de años luz de distancia. A pesar de ser la posición tan coincidente, Helfand y Long no insisten en que el estallido de rayos gamma esté asociado con los restos de la supernova. Consideran caritativamente muchas alternativas, incluyendo la posibilidad sorprendente de que la fuente esté situada dentro del sistema solar. Quizás sea el escape de una nave estelar extraterrestre que emprende su largo viaje de regreso. Pero una hipótesis más simple es una llamarada de los fuegos estelares de N49: estamos seguros de que las supernovas existen.

El destino del sistema solar interior cuando el Sol se convierta en una gigante roja ya es bastante triste. Pero, por lo menos, los planetas no quedarán derretidos y arrugados por la acción de una supernova en erupción. Este destino está reservado a planetas situados cerca de estrellas de mayor masa que el Sol. Puesto que estas estrellas con temperaturas y presiones superiores gastan más rápidamente sus reservas de combustible nuclear, sus tiempos de vida son mucho más breves que el Sol. Una estrella de masa diez veces superior a la del Sol puede convertir establemente hidrógeno en helio durante sólo unos cuantos millones de años antes de pasar brevemente a reacciones nucleares más exóticas. Por lo tanto es casi seguro que no se dispone de tiempo suficiente para que evolucionen formas avanzadas de vida en cualquiera de los planetas acompañantes; y sería raro que seres de otros mundos puedan llegar a conocer que su estrella se convertirá en una supernova: si viven el tiempo suficiente para comprender a las supernovas es improbable que su estrella llegue a serlo nunca.

La fase previa esencial para una explosión de supernova es la generación de un núcleo de hierro de gran masa por fusión de silicio. Los electrones libres del interior estelar, sometidos a una presión enorme, se ven obligados a fundirse con los protones de los núcleos de hierro cancelándose entonces las cargas eléctricas iguales y opuestas; el interior de la estrella se convierte en un único y gigantesco núcleo atómico que ocupa un volumen mucho menor que los electrones y núcleos de hierro que lo precedieron. El núcleo sufre una violenta implosión, el exterior rebota y se produce una explosión de supernova. Una supernova puede ser más brillante que el resplandor combinado de todas las demás estrellas de la galaxia en la cual está metida. Todas estas estrellas supergigantes azules y blancas que han salido apenas del cascarón en Orión

están destinadas dentro de unos cuantos millones de años a convertirse en supernovas y a formar un castillo continuado de fuegos artificiales cósmicos en la constelación del cazador.

La terrible explosión de una supernova proyecta al espacio la mayor parte de la materia de la estrella precursora: un poco de hidrógeno residual y helio y cantidades importantes de otros átomos, carbono y silicio, hierro y aluminio. Queda un núcleo de neutrones calientes, sujetos entre sí por fuerzas nucleares, formando un único núcleo atómico de gran masa con un peso atómico aproximado de 1056, es decir un sol de unos treinta kilómetros de diámetro; un fragmento estelar diminuto, encogido, denso y marchito, una estrella de neutrones en rotación rápida. A medida que el núcleo de una gigante roja de gran masa entra en colapso para formar así una estrella de neutrones, va girando más rápidamente. La estrella de neutrones en el centro de la Nebulosa Cangrejo es un núcleo atómico inmenso, del tamaño de Manhattan, que gira treinta veces por segundo. Su poderoso campo magnético, amplificado durante el colapso, atrapa las partículas cargadas de modo parecido al campo magnético mucho más débil de Júpiter. Los electrones en el campo magnético en rotación emiten una radiación en forma de haz no sólo en las frecuencias de radio, sino también en luz visible. Si la Tierra está situada casualmente en la dirección del haz de este faro cósmico, vemos un destello en cada rotación. Por este motivo se denomina pulsar a la estrella. Los pulsars, parpadeando y haciendo tic tac como un metrónomo cósmico, marcan el tiempo mucho mejor que un reloj ordinario de gran precisión. El cronometraje a largo plazo de los destellos de radio de algunas pulsars, por ejemplo de una llamada PSR 0329 + 54 sugiere que estos objetos pueden tener uno o más compañeros planetarios pequeños. Quizás sea concebible que un planeta sobreviva la evolución de una estrella convertida al final en pulsar, o quizás el planeta fue capturado más tarde. Me pregunto qué aspecto tendrá el cielo desde la superficie de un planeta así.

La materia de una estrella de neutrones pesa, si tomamos de ella una cucharadita de té, más o menos lo mismo que una montaña corriente: pesa tanto que si sujetáramos un trozo de esta materia y luego lo soltáramos (no nos quedaría otra alternativa), podría pasar sin esfuerzo a través de la Tierra como hace una piedra que cae por el aire, se abriría por sí solo un agujero a través de nuestro planeta y emergería por el otro lado de la Tierra. Los habitantes de aquel lado, que estarían dando un paseo u ocupándose de sus cosas, verían salir disparado del suelo un pequeño fragmento de estrella de neutrones que se pararía a una cierta altura y volvería de nuevo al fondo de la Tierra, ofreciendo así, por lo menos, algo de diversión a su rutina diaria. Si cayera del espacio cercano un trozo de materia de estrella de neutrones y la Tierra estuviera girando debajo suyo, penetraría repetidamente a través de ella y perforaría centenares de miles de agujeros en su cuerpo en rotación antes de que detuviera su movimiento la fricción con el interior de nuestro planeta. Antes de pararse definitivamente en el centro de la Tierra, el interior de nuestro planeta presentaría brevemente el aspecto de un queso suizo, hasta que el flujo subterráneo de roca y de metal curase las heridas. No importa que se desconozcan en la Tierra



fragmentos grandes de materia de estrellas de neutrones, porque los fragmentos más pequeños están en todas partes. El poder asombroso de la estrella de neutrones nos acecha en el núcleo de cada átomo, oculto en cada cucharilla de té y en cada lirón, en cada hálito del aire, en cada tarta de manzana. La estrella de neutrones nos infunde respeto hacia las cosas corrientes.

Una estrella como el Sol finalizará sus días como una gigante roja y luego como una enana blanca, tal como hemos visto. Una estrella en proceso de colapso con masa doble a la del Sol se convertirá en una supemova y luego en una estrella de neutrones. Pero una estrella de masa superior, que después de pasar por la fase de supemova quede con la masa, por ejemplo de cinco soles, tiene ante sí un destino todavía más notable: su gravedad la convertirá en un agujero negro. Supongamos que dispusiéramos de una máquina mágica de gravedad . un aparato que nos pennitiera controlar la gravedad de la Tierra, girando por ejemplo

una aguja. Al principio la aguja está en 1 g9 y todo se comporta como estamos acostumbrados a ver. Los animales y las plantas de la Tierra y las estructuras de nuestros edificios han evolucionado o se han diseñado para 1 g. Si la gravedad fuera mucho menor podría haber formas altas y delgadas que no caerían ni quedarían aplastadas por su propio peso. Si la gravedad fuese muy superior, las plantas, los animales y la arquitectura tendrían que ser bajos y rechonchos para no sufrir el colapso gravitatorio. Pero incluso en un campo de gravedad de bastante intensidad la luz se desplazaría en línea recta, como hace desde luego en la vida corriente.

Consideremos (véase ilustración de la página 236) un posible grupo típico de seres terrestres. Cuando disminuimos la gravedad, las cosas pesan menos. Cerca de 0 g el movimiento más ligero proyecta a nuestros amigos por los aires flotando y dando tumbos. El té vertido fuera de la taza, o cualquier otro líquido, forma glóbulos esféricos palpitantes en el aire: la tensión superficial del líquido supera a la gravedad. Hay por todas partes bolas de té. Si marcamos de nuevo en el aparato 1 g provocamos una lluvia de té. Cuando aumentamos algo la gravedad, de 1 g a 3 o 4 g, por ejemplo, todos quedan inmovilizados: se requiere un esfuerzo enorme incluso para mover una pierna. Sacamos por compasión a nuestros amigos del dominio de la máquina de la gravedad antes de poner la aguja en gravedades más altas todavía. El haz de luz de una ¡interna sigue una línea perfectamente recta (según la precisión de nuestras observaciones) cuando la gravedad es de unos cuantos g, al igual que a 0 g. A 1 000 g el haz es todavía recto, pero los árboles han quedado aplastados y aplanados; a 100 000 g las rocas se aplastan por su propio peso. Al final no queda ningún superviviente excepto el gato de Cheshire, por una dispensa especial. Cuando la gravedad se acerca a mil millones de g sucede algo todavía más extraño. El haz de luz que hasta ahora subía directo hacia el cielo empieza a curvarse. Incluso la luz queda afectada por intensas aceleraciones gravitatorias. Si aumentamos todavía más la gravedad, la luz no puede levantarse y cae al suelo cerca de nosotros. Ahora el gato cósmico de Cheshire ha desaparecido, sólo queda su sonrisa gravitatoria.

Cuando la gravedad es lo bastante elevada no deja escapar nada, ni siquiera la luz. Un lugar así recibe el nombre de agujero negro. Es una especie de gato cósmico de Cheshire enigmáticamente indiferente a lo que le rodea. Cuando la densidad y la gravedad alcanzan un valor suficientemente elevado el agujero negro parpadea y desaparece de nuestro universo. Por esto se llama agujero negro: no puede escapar luz alguna de él. Es posible que en su interior, con tanta luz atrapada, las cosas presenten una atractiva iluminación. Aunque un agujero negro sea invisible desde el exterior, su presencia gravitatoria puede ser palpable. Si no vamos con cuidado, en un viaje interestelar podemos ser arrastrados de modo irrevocable y nuestros cuerpos quedar estirados desagradablemente formando un hilo largo y delgado. Pero la materia que se iría concentrando en forma de disco alrededor del agujero negro nos ofrecería un espectáculo digno de recordar, en el caso improbable de que sobreviviéramos a la excursión.

Las reacciones termonucleares en el interior solar sostienen las capas exteriores del Sol y aplazan durante miles de millones de años un colapso gravitatorio catastrófico. En el caso de las enanas blancas la presión de los electrones arrancados de sus núcleos sostiene la estrella. En el caso de las estrellas de neutrones la presión de los neutrones compensa la gravedad. Pero en el caso de una estrella anciana que ha sobrevivido a las explosiones de supernova y a otras impetuosidades y cuya masa es varias veces superior a la del Sol, no hay fuerzas conocidas que puedan impedir el colapso. La estrella se encoge increíblemente, gira, enrojece y desaparece. Una estrella con una masa veinte veces superior a la del Sol se encogerá hasta tener el tamaño del Gran Los Ángeles; la aplastante gravedad llega a ser de 1 010 g, y la estrella se desliza por una fisura que ella misma ha creado en el continuo del espacio tiempo y desaparece de nuestro universo.

Los agujeros negros fueron imaginados por primera vez por el astrónomo inglés John Michell en 1783. Pero la idea parecía tan extravagante que se ignoró de modo general hasta hace muy poco, cuando ante el asombro de muchos, incluyendo a muchos astrónomos, se descubrieron pruebas concretas de la existencia de agujeros negros en el espacio. La atmósfera de la Tierra es opaca a los rayos X. Para poder determinar si los objetos astronómicos emiten luz de una longitud de onda tan corta hay que transportar el telescopio de rayos X sobre la atmósfera. El primer observatorio de rayos X fue un admirable esfuerzo internacional, orbitado por los Estados Unidos a partir de una plataforma italiana de lanzamiento en el océano Índico, ante la costa de Kenya, y bautizado con el nombre de Uhuru, palabra swahili que significa libertad. En 1971 Uhuru descubrió una fuente notable de rayos X en la constelación del Cisne, que se apagaba y se encendía miles de veces por segundo. La fuente, llamada Cygnus X 1 tiene que ser por lo tanto muy pequeña. Sea cual fuere la razón del parpadeo, la información necesaria para encender y apagar la fuente no puede cruzar Cyg X 1 a velocidad superior a la de la luz, 300 000 km./seg. Por lo tanto Cyg X 1 no puede ser mayor que  $[300\ 000\ \text{km./seg}] \times [(1/1\ 000)\text{seg}] = 300$  kilómetros de diámetro. Un objeto del tamaño de un asteroide es una fuente

brillante y parpadeante de rayos X visible a distancias interestelares. ¿Qué objeto podría ser éste? Cyg X 1 está en el mismo punto preciso del espacio que una estrella supergigante azul y caliente, que en luz visible demuestra poseer una compañera cercana pero invisible, de gran masa, que la atrae gravitatoriamente primero en una dirección y luego en otra. La masa de la compañera es unas diez veces la del Sol. La supergigante es una fuente improbable de rayos X, y resulta tentador identificar a la compañera deducida gracias a la luz visible como la fuente detectada de rayos X. Pero un objeto invisible que pese diez veces más que el Sol y cuyo volumen se haya reducido por colapso al de un asteroide sólo puede ser un agujero negro. Es probable que los rayos X se generen por fricción en el disco de gas y de polvo acumulado por acreción alrededor de Cyg X 1 y procedente de su compañera supergigante. Otras estrellas llamadas V861 Scorpii, GX 339 4, SS433 y Circinus X 2 son también candidatas para agujeros negros. Cassiopeia A es el resto de una supernova cuya luz tuvo que haber llegado a la Tierra en el siglo diecisiete, cuando había aquí un número considerable de astrónomos. Sin embargo, nadie informó de la explosión. Quizás, como sugiere I. S. Shklovskii, hay allí oculto un agujero negro que se comió el núcleo estelar en explosión y amortiguó los fuegos de la supernova. Los telescopios en el espacio son los medios idóneos para comprobar todos estos cabos y fragmentos de datos que pueden ser la pista, el rastro del legendario agujero negro.

Un buen sistema para comprender los agujeros negros es pensar en la curvatura del espacio. Consideremos una superficie bidimensional plana, flexible y con líneas, como un trozo de papel de grafo hecho de caucho. Si soltamos encima una pequeña masa, la superficie se deforma formando un hoyo. Una canica gira alrededor del hoyo en una órbita semejante a la de un planeta alrededor del Sol. En esta interpretación, que debemos a Einstein, la gravedad es una distorsión en el tejido del espacio. Vemos en nuestro ejemplo que un espacio bidimensional ha quedado deformado por una masa dando una tercera dimensión física. Imaginemos que vivimos en un universo tridimensional deformado localmente por materia que lo convierte en una cuarta dimensión física que no podemos percibir directamente. Cuanto mayor sea la masa local, más intensa será la gravedad local y más hondo el hoyo, la distorsión o deformación del espacio. El agujero negro es en esta analogía una especie de pozo sin fondo. ¿Qué le sucede a una persona que cae en él? Vista desde el exterior se necesitaría una cantidad infinita de tiempo para caer dentro, porque todos los relojes de esta persona mecánicos y biológicos se percibirían como relojes parados. Pero desde el punto de vista de esta persona, todos los relojes continuarían funcionando normalmente. Si pudiese sobrevivir a las mareas gravitatorias y al flujo de radiación, y si el agujero negro estuviera en rotación (una hipótesis probable) es muy posible que esta persona pudiera emerger en otra parte del espacio tiempo: en algún otro lugar del espacio y en algún otro momento del tiempo. Se ha sugerido seriamente la existencia de estas galerías en el espacio, como las que hace un gusano en una manzana, aunque no se ha demostrado en absoluto que existan. ¿Es posible que los túneles de gravedad

proporcionen una especie de metro interestelar o intergaláctico que nos permita desplazarnos a lugares inaccesibles mucho más rápidamente que del modo normal? ¿Pueden servir de máquinas del tiempo estos agujeros negros, transportándonos al pasado remoto o al futuro distante? El hecho de estar discutiendo estas ideas aunque sea de modo semiserio demuestra lo surrealista que puede ser el mundo.

Somos hijos del Cosmos en el sentido más profundo de la palabra. Pensemos en el calor del Sol que sentimos sobre el rostro en un día despejado de verano; pensemos en lo peligroso que es mirar directamente al Sol: reconocemos su poder desde 150 millones de Kilómetros de distancia. ¿Qué sentiríamos en su abrasadora superficie autoluminosa o sumergidos en el corazón de sus fuegos nucleares? El Sol nos calienta y nos alimenta y nos permite ver. Fecundó la Tierra. Tiene un poder que supera la experiencia humana. Los pájaros saludan la salida del Sol con un éxtasis audible. Incluso algunos organismos unicelulares saben la manera de nadar hacia la luz. Nuestros antepasados adoraron el Sol, 10 y no eran tontos, ni mucho menos. Y sin embargo el Sol es una estrella ordinaria, incluso mediocre. Si tenemos que adorar a un poder superior a nosotros, ¿no tiene sentido reverenciar el Sol y las estrellas? Oculto dentro de toda investigación astronómico, a veces enterrado tan profundamente que el mismo investigador no se da cuenta de su presencia, hay siempre una especie de temor reverenciar.

La Galaxia es un continente inexplorado lleno de seres exóticos de dimensiones estelares. Hemos llevado a cabo un reconocimiento preliminar y hemos encontrado a algunos de sus habitantes. Unos cuantos se parecen a seres que ya conocemos. Otros son de una rareza que supera nuestras más desenfundadas fantasías. Pero nuestra exploración apenas ha empezado. Los antiguos viajes de exploración sugieren que muchos de los habitantes más interesantes del continente galáctico continúan siendo por ahora desconocidos e imposibles de imaginar. No muy lejos de la Galaxia hay, de modo casi seguro, planetas situados en órbita alrededor de estrellas de las Nubes de Magallanes y de los cúmulos globulares que rodean la Vía Láctea. Estos mundos proporcionarían un panorama imponente de la Galaxia amaneciendo: una forma en espiral con 400 000 millones de habitantes estelares, con nubes de gas en proceso de colapso, con sistemas planetarios condensándose, con supergigantes luminosas, con estrellas estables de media edad, con gigantes rojas, con enanas blancas, nebulosas planetarias, novas, supernovas, estrellas de neutrones y agujeros negros. Desde este mundo quedaría bien claro, como ya empieza a serlo para nosotros, que nuestra materia, nuestra forma y gran parte de nuestro carácter está detenninado por la profunda relación existente entre la vida y el Cosmos.

## Capítulo 10. El filo de la eternidad.

Hay una cosa formada confusamente,  
Nacida antes que el Cielo y la Tierra.  
Silenciosa y vacía  
Está sola y no cambia,  
gira y no se cansa.

Es capaz de ser la madre de mundo.  
No conozco su nombre

y por lo tanto le llamo El camino .  
Le doy el nombre improvisado de Lo Grande .  
Siendo grande se le puede describir también como retrocediendo,  
si retrocede se le puede describir como remoto  
si es remoto se le puede describir retornando.

LAo TSE, *Tao Te ching*; China, hacia el 600 a. de C.

Hay un camino en lo alto, visible en los cielos transparentes, llamado la Vía Láctea, que resplandece con brillo propio. Los dioses van por ella a la morada del gran Tonante y su residencia real... Allí los famosos y poderosos habitantes del cielo han sentado sus reales. Ésta es la región que podría atreverme a llamar la [Vía] palatina del Gran Cielo.

OVIDIO, *Metamorfosis*; Roma, siglo primero

Algunos necios declaran que un Creador hizo el mundo. La doctrina de que el mundo fue creado es equivocada y hay que rechazarla.  
Si Dios creó el mundo, ¿dónde estaba Él antes de la creación?... < Cómo pudo haber hecho Dios el mundo sin materiales? Si dices que los hizo primero y luego hizo el mundo te enfrentas con una regresión infinita...  
Has de saber que el mundo es increado, como el mismo tiempo, sin principio ni fin. Y que se basa en los principios...

*Mahapurana (La Gran Leyenda)*, Jinasena, India, siglo noveno

HACE DIEZ MIL O VEINTE MIL MILLONES DE AÑOS, sucedió algo, la Gran Explosión (*big bang*), el acontecimiento que inició nuestro universo. Por qué sucedió esto es el misterio mayor que conocemos. Lo que está razonablemente claro es que sucedió. Toda la materia y la energía presentes actualmente en el universo estaba concentrada con una densidad muy elevada una especie de huevo cósmico, que recuerda los mitos de la creación de muchas culturas quizás en un punto matemático sin ninguna dimensión. No es que toda la materia y la energía del universo estuvieran apretadas en un pequeño rincón del

universo actual, sino que el universo entero, materia y energía y el espacio que llenan, ocupaba un volumen muy pequeño. No quedaba mucho espacio para que sucedieran cosas allí.

El universo inició con aquella titánica explosión cósmica una expansión que ya no ha cesado. Es engañoso describir la expansión del universo como una especie de burbuja ensanchándose, vista desde el exterior. Por definición nada de lo que podamos conocer *estuvo* nunca fuera. Es mejor imaginarlo desde dentro, quizás con unas líneas formando retículo y adheridas al tejido en movimiento del espacio expandiéndose uniformemente en todas direcciones. A medida que el espacio se iba estirando, la materia y la energía del universo se iban expandiendo con el espacio y se enfriaban rápidamente. La radiación de la bola de fuego cósmica, que tanto entonces como ahora llenaba el universo, fue desplazándose a través del espectro: de los rayos X a la luz ultravioleta; pasó luego por los colores en arco iris del espectro visible; llegó al infrarrojo y a las regiones de radio. Los restos de esta bola de fuego, la radiación cósmica de fondo que emana de todas las partes del cielo, pueden detectarse hoy en día mediante radiotelescopios. En el universo primitivo el espacio estaba brillantemente iluminado. A medida que el tiempo pasaba el tejido del espacio continuó expandiéndose, la radiación se enfrió y el espacio se volvió por primera vez oscuro, en la luz visible ordinaria, tal como ahora es.

El primitivo universo estaba lleno de radiación y de un plénum de materia, al principio hidrógeno y helio, formado a partir de las partículas elementales en la densa bola de fuego primigenio. Había muy poco que ver, suponiendo que hubiese alguien para contemplarlo. Luego empezaron a crecer pequeñas bolsas de gas, pequeñas inuniformidades. Se formaron zarcillos de vastas y sutiles nubes de gas, colonias de cosas grandes que se movían pesadamente, girando lentamente, haciéndose cada vez más brillantes, cada cual como una especie de bestia que al final contendría cien mil millones de puntos brillantes. Se habían formado las estructuras reconocibles mayores del universo. Las estamos viendo hoy. Nosotros mismos habitamos algún rincón perdido de una de ellas. Las llamamos galaxias.

Unos mil millones de años después del *big bang*, la distribución de materia en el universo se había hecho algo grumosa, quizás porque el mismo *big bang* no había sido perfectamente uniforme. La materia estaba empaquetada más densamente en estos grumos que en otras partes. Su gravedad atraía hacia ellos cantidades sustanciales del cercano gas, nubes en crecimiento de hidrógeno y de helio que estaban destinadas a convertirse en cúmulos de galaxias. Una inuniformidad inicial muy pequeña basta para producir condensaciones sustanciales mucho después.

A medida que el colapso gravitatorio continuaba, las galaxias primordiales empezaron a girar cada vez más rápido, debido a la conservación del momento angular. Algunas se aplanaron, aplastándose a lo largo del eje de rotación donde la gravedad no queda compensada por la fuerza centrífuga. Se convirtieron así en las primeras galaxias espirales, grandes ruedas de materia girando en el espacio abierto. Otras protogalaxias con gravedad más débil o con menor

rotación inicial se aplanaron muy poco y se convirtieron en las primeras galaxias elípticas. Hay galaxias similares, como salidas del mismo molde por todo el Cosmos, debido a que estas simples leyes de la naturaleza la gravedad y la conservación del momento angular son iguales en todo el universo. La física que actúa en la caída de los cuerpos y en las piruetas de los patinadores sobre hielo, aquí en el macrocosmos de la Tierra, hace galaxias allá arriba, en el macrocosmos del universo.

Dentro de las galaxias en nacimiento había nubes mucho más pequeñas que experimentaban también el colapso gravitatorio; las temperaturas interiores se hicieron muy elevadas, se iniciaron reacciones termonucleares, y se encendieron las primeras estrellas. Las estrellas jóvenes, calientes y de gran masa evolucionaron rápidamente, derrochando sin cuidado su capital de hidrógeno combustible, y acabaron pronto sus vidas en explosiones brillantes de supernova, que devolvían la ceniza termonuclear helio, carbono, oxígeno y elementos más pesados al gas interestelar para generaciones subsiguientes de formación de estrellas. Las explosiones de supernova de las primitivas estrellas de gran masa produjeron ondas de choque sucesivas y sobrepuestas en el gas adyacente, comprimiendo el medio intergaláctico y acelerando la generación de cúmulos de galaxias. La gravedad es oportunista y amplifica incluso pequeñas condensaciones de materia. Las ondas de choque de las supernovas pueden haber contribuido a las acreciones de materia en cualquier escala. Se había iniciado la épica de la evolución cósmica, unajerarquía en la condensación de materia a partir del gas del *big bang*: cúmulos de galaxias, galaxias, estrellas, planetas y eventualmente vida e inteligencia capaz de comprender un poco el elegante proceso responsable de su origen.

Los cúmulos de galaxias llenan hoy en día el universo. Algunos son colecciones insignificantes y modestas de unas cuantas docenas de galaxias. El llamado cariñosamente grupo local contiene sólo dos grandes galaxias de un cierto tamaño: la Vía Láctea y M31. Otros cúmulos contienen hordas inmensas de miles de galaxias en mutuo abrazo gravitatorio. Algunos indicios dan para el cúmulo de Virgo decenas de miles de galaxias.

A la escala mayor habitamos un universo de galaxias, quizás un centenar de miles de millones de ejemplos exquisitos de arquitectura y de decadencia cósmicas, que manifiestan tanto el orden como el desorden: espirales normales, encaradas formando diversos ángulos con nuestra visual terrestre (si están de cara vemos los brazos en espiral, si están de canto la faja central de gas y de polvo donde se forman los brazos); espirales barradas con un río de gas y de polvo y de estrellas atravesando su centro; galaxias elípticas gigantes, majestuosas, que contienen más de un billón de estrellas y que han crecido tanto porque se han tragado y se han fundido con otras galaxias; toda una plétora de elípticas enanas, las miniaturas galácticas, cada una de las cuales contiene unos miserables millones de soles; una variedad inmensa de misteriosas irregulares, que demuestran que en el mundo de las galaxias hay lugares en los que desgraciadamente algo ha ido mal; y galaxias que orbitan una alrededor de otra, tan próximas que sus bordes se curvan por la gravedad de sus compañeras y en

algunos casos saltan gravitatoriamente estelas de gas y de estrellas que forman un puente entre las galaxias.

Algunos cúmulos tienen sus galaxias dispuestas en una geometría esférica carente de ambigüedad; se componen principalmente de elípticas, están dominadas a menudo por una elíptica gigante, el presunto caníbal galáctico. Otros cúmulos, con una geometría bastante más desordenada, tienen un número relativamente mucho mayor de espirales y de irregulares. Las colisiones galácticas deforman el aspecto de un cúmulo inicialmente esférico y pueden contribuir también a la génesis de espirales y de irregulares a partir de elípticas. La forma y abundancia de las galaxias tienen una historia que contarnos sobre acontecimientos antiguos a la mayor escala posible, una historia que apenas estamos empezando a leer.

El desarrollo de las computadoras rápidas ha permitido llevar a cabo experimentos numéricos sobre el movimiento colectivo de miles o de decenas de miles de puntos, cada uno de los cuales representa una estrella y está sometido a la influencia gravitatoria de todos los demás puntos. En algunos casos se forman por sí mismos brazos en espiral en una galaxia que ha quedado ya aplanada en forma de disco. A veces se puede producir un brazo en espiral por el encuentro gravitatorio de dos galaxias, cada una compuesta desde luego por miles de millones de estrellas. El gas y el polvo esparcidos de modo difuso a través de estas galaxias entrará en colisión y se calentará. Pero cuando dos galaxias entran en colisión, las estrellas pasan tranquilamente unas al lado de otras, como balas a través de un enjambre de abejas, porque una galaxia está compuesta en su mayor parte de nada y los espacios entre las estrellas son vastos. Sin embargo, la configuración de las galaxias puede quedar severamente deformada. Un impacto directo de una galaxia sobre otra puede enviar a las estrellas que la constituyen disparadas y desparramándose por el espacio intergaláctico, deshaciendo así la galaxia. Cuando una galaxia pequeña choca de cara contra otra mayor puede producir uno de los tipos más hermosos de las raras irregulares: una galaxia anular de miles de años luz de diámetro, dibujándose sobre el terciopelo del espacio intergaláctico. Es una salpicadura en el estanque galáctico, una configuración temporal de estrellas desorganizadas, una galaxia con una pieza central desgajada.

Los borrones carentes de estructura de las galaxias irregulares, los brazos de las galaxias en espiral y los toros de las galaxias anulares se mantienen únicamente durante unas pocas imágenes de la película cósmica, luego se disipan y a menudo se forman de nuevo. Nuestra idea de las galaxias como cuerpos rígidos y pesados está equivocada. Son estructuras fluidas con 1 00 000 millones de componentes estelares. Al igual que un ser humano, que es una colección de 1 00 billones de células, que normalmente está en un estado continuo entre la síntesis y la decadencia y que es más que la suma de sus partes, así es una galaxia.

La frecuencia de suicidios entre las galaxias es alta. Algunos ejemplos próximos a decenas o centenares de años luz de distancia son fuentes potentes de rayos X, de radiación infrarrojo y de ondas de radio; tienen núcleos muy



luminosos y su brillo fluctúa en escalas temporales de semanas. Algunas presentan chorros de radiación, penachos de miles de años luz de longitud y discos de polvo sustancialmente desorganizados. Estas galaxias se están haciendo estallar a sí mismas. Se sospecha la existencia de agujeros negros con masas de millones a miles de millones superiores a la del Sol en los núcleos de algunas galaxias elípticas gigantes como NGC 6251 y M87. Hay algo que tiene una masa muy grande, que es muy denso y muy pequeño y que está haciendo tic tac y ronroneando en el interior de M87, en una región más pequeña que el sistema solar. Se infiere de todo esto que allí hay un agujero negro. A miles de millones de años luz de distancia hay objetos todavía más tumultuosos, los quasars, que pueden ser las explosiones colosales de galaxias jóvenes, los acontecimientos de mayor potencia en la historia del universo desde el mismo *big bang*.

La palabra *quasar* es un acrónimo de *quasi stellar radio source*, fuente de radio cuasi estelar. Cuando se descubrió que no todos eran potentes fuentes de radio, se les denominó QSO (objetos cuasi estelares). Su apariencia es estelar y se pensó de modo natural que eran estrellas situadas dentro de nuestra galaxia. Pero las observaciones espectroscópicas de su desplazamiento hacia el rojo (ver más adelante) demuestran que es probable que estén a distancias inmensas de nosotros. Parece que participan vigorosamente en la expansión del universo, y que algunos retroceden con respecto a nosotros a más del 90% de la velocidad de la luz. Si están muy alejadas, han de ser intrínsecamente muy brillantes para que puedan ser visibles a tales distancias; algunas son tan brillantes como mil supernovas explotando a la vez. Como sucede con Cyg X I, sus rápidas fluctuaciones demuestran que su enorme brillo está confinado a un volumen muy pequeño, en este caso inferior al tamaño del sistema solar. Ha de haber procesos notables causantes de las vastas cantidades de energía que emite un quasar. Entre las explicaciones propuestas están: 1) los quasars son versiones monstruo de los pulsar, con un núcleo de masa enorme en rotación muy rápida asociado a un fuerte campo magnético; 2) los quasars se deben a colisiones múltiples de millones de estrellas densamente empaquetadas en el núcleo galáctico, explosiones que arrancan las capas exteriores y exponen a plena vista las temperaturas de mil millones de grados del interior de las estrellas de gran masa; 3) idea relacionada con la anterior, los quasars son galaxias en las que las estrellas están empaquetadas tan densamente que una explosión de supernova en una estrella arranca las capas exteriores de otra y la convierte también en supernova produciendo una reacción estelar en cadena; 4) los quasars reciben su energía de la aniquilación mutua y violenta de materia y de antimateria que de algún modo se ha conservado en el quasar hasta el presente; 5) un quasar es la energía liberada cuando gas, polvo y estrellas caen en un irunense agujero negro en el núcleo de estas galaxias, agujero que quizás es a su vez el resultado de eras de colisión y coalescencia de agujeros negros más pequeños; y 6) los quasars son agujeros blancos, la otra cara de los agujeros negros, la caída en embudo y eventual emergencia ante nuestros ojos de la materia que se pierde en

una multitud de agujeros negros de otras partes del universo, o incluso de otros universos.

Al considerar los cuasars nos enfrentamos con profundos misterios. Sea cual fuere la causa de una explosión de cuasar, algo parece claro: un acontecimiento tan violento ha de provocar estragos increíbles. En cada explosión de cuasar pueden quedar totalmente destruidos millones de mundos, algunos con vida y con inteligencia para comprender lo que está sucediendo. El estudio de las galaxias revela un orden y una belleza universales. También nos muestra una violencia caótica a una escala hasta ahora insospechada. Es notable que vivamos en un universo que permite la vida. También es notable que vivamos en un universo que destruye galaxias, estrellas y mundos. El universo no parece ni benigno ni hostil, simplemente indiferente a las preocupaciones de seres tan insignificantes como nosotros.

Incluso una galaxia tan bien educada como la Vía Láctea tiene sus estremecimientos y sus contorsiones. Las observaciones de radio muestran dos nubes enormes de gas hidrógeno, suficientes para hacer miles de soles, que salen disparadas del núcleo galáctico, como si allí tuviera lugar de vez en cuando una explosión suave. Un observatorio astronómico de alta energía en órbita terrestre ha descubierto que el núcleo galáctico es una fuente intensa de una línea espectral particular de rayos gamma, lo cual concuerda con la idea de que allí hay oculto un agujero negro de gran masa. Las galaxias como la Vía Láctea pueden representar una media edad estable en una secuencia evolutiva continua, que incluye en su adolescencia violenta a cuasars y galaxias en explosión: los cuasars están tan distantes que los vemos en plenajuventud, tal como eran hace miles de millones de años.

Las estrellas de la Vía Láctea se mueven con una gracia sistemática. Los cúmulos globulares se precipitan a través del plano galáctico y salen por el otro lado, donde reducen su velocidad y se aceleran de nuevo. Si pudiésemos seguir el movimiento de estrellas individuales agitándose alrededor de] plano galáctico parecería una olla de palomitas de maíz. Nunca hemos visto cambiar de modo significativo la forma de una galaxia, simplemente porque se necesita mucho tiempo para que lo haga. La Vía Láctea da una vuelta cada doscientos cincuenta millones de años. Si aceleráramos este movimiento veríamos que la Galaxia es una entidad dinámica, casi orgánica, parecida en cierto modo a un organismo multicelular. Cualquier fotografía astronómico de una galaxia no es más que una instantánea de una fase de su solemne movimiento y evolución. 1 La región interior de una galaxia gira como un cuerpo sólido. Pero más lejos, las provincias exteriores giran cada vez más lentamente cumpliendo, como los planetas alrededor de] Sol, la tercera ley de Kepier. Los brazos tienen tendencia a enrollarse alrededor de] núcleo formando una espiral cada vez más apretada, y el gas y el polvo se acumulan en formas espirales de densidad creciente, que a su vez son lugares adecuados para la formación de estrellas jóvenes, calientes y brillantes, las estrellas que perfilan los brazos en espiral. Estas estrellas brillan unos diez millones de años aproximadamente, un período correspondiente a sólo el 5% de una rotación galáctico. Pero cuando las estrellas que marcan el perfil

de un brazo espiral se han quemado, se forman inmediatamente detrás de ellas nuevas estrellas y sus nebulosas asociadas, y la forma en espiral persiste. Las estrellas que dan el perfil de los brazos no sobreviven ni a una sola rotación galáctica; sólo permanece la fonna de la espiral.

La velocidad de una estrella dada alrededor del centro de la Galaxia no suele ser la misma que la de una forma espiral. El Sol ha entrado y ha salido con frecuencia de los brazos en espiral durante las veinte vueltas que ha dado a la Vía Láctea a 200 kilómetros por segundo. El Sol y los planetas pasan en promedio cuarenta millones de años en un brazo en espiral, ochenta millones fuera, otros cuarenta dentro, etc. Los brazos en espiral marcan la región donde se está formando la última cosecha de estrellas acabadas de incubar, pero no necesariamente la región donde resulta que hay estrellas de media edad como el Sol. En esta época nosotros vivimos entre brazos en espiral.

Es lógico imaginar que el paso periódico del sistema solar a través de los brazos en espiral haya tenido consecuencias importantes para nosotros. Hace diez millones de años el Sol emergió del complejo llamado Cinturón Gould del brazo espiral de Orión, que está ahora a algo menos de mil años luz de distancia. (Hacia el interior del brazo de Orión está el brazo de Sagitario, hacia el exterior el brazo de Perseo.) Cuando el Sol pasa por un brazo espiral la posibilidad de que se meta entre nebulosas gaseosas y nubes de polvo interestelar, y de que encuentre objetos de masa subestelar, es mayor que ahora. Se ha sugerido que las eras glaciales mayores de nuestro planeta, que se repiten cada cien millones de años aproximadamente, pueden deberse a la interposición de materia interestelar entre el Sol y la Tierra. W. Napier y S. Clube han propuesto que algunas de las lunas, asteroides, cometas y anillos circumplanetarios del sistema solar fueron antes objetos que vagaban libremente por el espacio interestelar hasta que fueron capturados por el Sol cuando penetró en el brazo espiral de Orión. La idea es intrigante, aunque quizás no muy probable. Pero puede comprobarse. Lo único que necesitamos es tomar una muestra, por ejemplo, de Fobos o de un cometa y examinar sus isótopos del magnesio. La relativa abundancia de los isótopos del magnesio (todos los cuales comparten el mismo número de protones, pero tienen números diferentes de neutrones) depende de la secuencia precisa de acontecimientos estelares de nucleosíntesis, incluyendo el calendario de explosiones de supernovas cercanas, que produjo cualquier muestra concreta de magnesio. En un rincón diferente de la Galaxia tuvo que haber ocurrido una secuencia diferente de acontecimientos y debería predominar una relación diferente de isótopos de magnesio.

El descubrimiento del *big bang* y de la recesión de las galaxias se basó en un tópico de la naturaleza llamado el efecto Doppler. Estamos acostumbrados a notar en la física del sonido. Un conductor de automóvil toca la bocina cuando pasa por nuestro lado. Dentro del coche el conductor oye un sonido constante de tono fijo. Pero fuera del coche nosotros oímos un cambio característico del tono. El sonido de la bocina pasa para nosotros de las frecuencias altas a las bajas. Un coche de carreras a 200 kilómetros por hora va casi a una quinta parte de la velocidad del sonido. El sonido es una sucesión de ondas en el aire, una

cresta y un valle, una cresta y un valle. Cuanto más juntas están las ondas, más alta es la frecuencia o tono; cuanto más separadas están las ondas, más grave el tono. Si el coche se aleja a gran velocidad de nosotros, estira las ondas de sonido, desplazándolas desde nuestro punto de vista a un tono más grave y produciendo el sonido característico que todos conocemos. Si el coche viniera hacia nosotros las ondas sonoras se apretarían, la frecuencia aumentaría, y sentiríamos un gemido agudo. Si supiéramos el tono normal de la bocina cuando el coche está en reposo podríamos deducir a ciegas su velocidad, a partir del cambio de tono.

La luz es también una onda. Al contrario del sonido se desplaza perfectamente bien en el vacío. El efecto Doppler actúa también aquí. Si por algún motivo el automóvil en lugar de sonido emitiera por delante y por detrás un haz de luz amarilla pura, la frecuencia de la luz aumentaría ligeramente al acercarse el coche y disminuiría ligeramente al alejarse. El efecto seña imperceptible a velocidades ordinarias. Sin embargo si el coche corriera a una fracción considerable de la velocidad de la luz, podríamos observar que el color de la luz cambia hacia a una frecuencia superior, es decir hacia el azul cuando el coche se nos acerca, y hacia frecuencias inferiores, es decir hacia el rojo, cuando el coche se aleja. Un objeto que se nos acerca a velocidades muy altas se nos presenta con el color de sus líneas espectrales desplazadas hacia el azul. Un objeto que se aleja a velocidades muy altas tiene sus líneas espectrales desplazadas hacia el rojo. Este desplazamiento hacia el rojo, observado en las líneas espectrales de galaxias distantes e interpretado de acuerdo con el efecto Doppler, es la clave de la cosmología.

En los primeros años de este siglo se estaba construyendo en el monte Wilson, que dominaba lo que eran entonces los cielos transparentes de Los Angeles, el telescopio más grande del mundo destinado a descubrir el desplazamiento hacia el rojo de galaxias remotas. Había que transportar a la cima de la montaña grandes piezas del telescopio, un trabajo adecuado para recuas de mulas. Un joven mulero llamado Milton Humason ayudaba a transportar equipo mecánico y óptico, científicos, ingenieros y signatarios montaña arriba. Humason conducía montado a caballo la columna de mulas, llevando a su terrier blanco puesto de pie detrás de la silla con sus patas delanteras sobre los hombros de Humason. Era un hombre útil para todo, que mascaba tabaco, gran jugador de cartas y lo que entonces se llamaba especialista en señoras. Su educación formal no había pasado del octavo grado. Pero era brillante y curioso, y de natural inquisitivo, interesado por el equipo que había transportado laboriosamente a las alturas. Humason hacía compañía a la hija de uno de los ingenieros del observatorio, el cual veía con reserva que su hija saliera con un joven cuya ambición no pasaba de ser mulero. De este modo Humason se encargó de trabajos diversos en el observatorio: ayudante del electricista, portero y fregaba los suelos del telescopio que había ayudado a construir. Una noche, según cuenta la historia, el ayudante del telescopio se puso enfermo y pidieron a Humason si podía ayudarles. Demostró tanta destreza y cuidado con los instrumentos que pronto se convirtió en operador permanente del telescopio y ayudante de observación.

Después de la primera guerra mundial llegó a Monte Wilson Edwin Hubble, que pronto iba a ser famoso: una persona brillante, refinada, sociable fuera de la comunidad astronómico, con un acento inglés adquirido en su único año con la beca Rhodes en Oxford. Fue Hubble quien proporcionó la demostración definitiva de que las nebulosas espirales eran en realidad .l universos islas , agregados distantes de cantidades enormes de estrellas, como nuestra propia galaxia Vía Láctea; había descubierto la candela estelar estándar necesaria para medir las distancias a las galaxias. Hubble y Humason se llevaron espléndidamente, formando una pareja, quizás impredecible, que trabajaba conjuntamente y de modo armonioso en el telescopio. Siguieron una indicación del astrónomo V. M. Slipher del observatorio Lowell, y empezaron a medir los espectros de galaxias distantes. Pronto quedó claro que Humason era más capaz de obtener espectros de alta cualidad de galaxias distantes que cualquier astrónomo profesional del mundo. Se convirtió en miembro de plantilla del observatorio Monte Wilson, aprendió muchos de los elementos científicos básicos de su obra y murió acompañado por el respeto de la comunidad astronómico.

La luz de una galaxia es la suma de la luz emitida por los miles de millones de estrellas que contiene. Cuando la luz abandona estas estrellas algunas frecuencias o colores son absorbidas por los átomos de las capas más exteriores de las estrellas. Las líneas resultantes permiten afirmar que unas estrellas situadas a millones de años luz de nosotros contienen los mismos elementos químicos que nuestro Sol y que las estrellas cercanas. Humason y Hubble descubrieron asombrados que los espectros de todas las galaxias distantes estaban desplazados hacia el rojo y, algo más asombroso todavía, que cuanto más distaba una galaxia, más desplazadas hacia el rojo estaban sus líneas espectrales.

La explicación más obvia del desplazamiento hacia el rojo se basaba en el efecto Doppler: las galaxias se estaban alejando de nosotros; cuanto más distante estaba la galaxia mayor era la velocidad de recesión. Pero, ¿por qué tenían que estar huyendo de *nosotros* las galaxias? ¿Era posible que nuestra situación en el universo tuviera algo especial, como si la Vía Láctea hubiese llevado a cabo, por inadvertencia, algún acto ofensivo en la vida social de las galaxias? Lo más probable era que el universo mismo se estuviera expandiendo y arrastrando a las galaxias consigo. Cada vez estaba más claro que Humason y Hubble habían descubierto el *big bang*: si no el origen del universo por lo menos su encarnación más reciente.

Casi toda la cosmología moderna y especialmente la idea de un universo en expansión y de un *big bang* se basa en la idea de que el desplazamiento hacia el rojo de las galaxias lejanas es un efecto Doppler y se debe a su velocidad de recesión. Pero hay otros tipos de desplazamientos hacia el rojo en la naturaleza. Hay, por ejemplo, el desplazamiento hacia el rojo gravitatorio, en el cual la luz que sale de un campo gravitatorio intenso ha de hacer tanto trabajo para escapar de él que pierde energía durante el proceso, proceso que un observador distante percibe como un desplazamiento de la luz hacia longitudes de onda más largas y

colores más rojos. Nosotros suponemos que puede haber agujeros negros de gran masa en los centros de algunas galaxias, y por lo tanto, esta es una explicación imaginable de sus desplazamientos hacia el rojo. Sin embargo, las líneas espectrales concretas que se observan son a menudo características de un gas muy tenue y difuso y no de la densidad increíblemente elevada que ha de prevalecer en las proximidades de los agujeros negros.

O bien el desplazamiento hacia el rojo podría ser un efecto Doppler debido, no a la expansión general del universo, sino a una explosión galáctica más modesta y local. Pero en este caso lo lógico sería que hubiese tantos fragmentos de la explosión acercándose a nosotros como alejándose, tantos desplazamientos hacia el azul como hacia el rojo. Sin embargo, lo que vemos son casi exclusivamente desplazamientos hacia el rojo, sea cual fuere el objeto distante más allá del grupo local hacia el cual apuntamos el telescopio.

Persiste sin embargo la sospecha entre algunos astrónomos de que quizás no todo sea correcto cuando a partir de los desplazamientos hacia el rojo de las galaxias y el efecto Doppler se deduce que el universo se está expandiendo. El astrónomo Halton Arp ha descubierto casos enigmáticos e inquietantes en los que una galaxia y un cuasar, o un par de galaxias, que aparentemente están asociadas de modo físico, tienen desplazamientos hacia el rojo muy diferentes. A veces parece observarse un puente de gas, de polvo y de estrellas que las conecta. Si el desplazamiento hacia el rojo se debe a la expansión del universo, desplazamientos hacia el rojo diferentes implican distancias muy distintas. Pero dos galaxias que están físicamente conectadas no pueden presentar una separación muy grande entre sí, separación que en algunos casos es de mil millones de años luz. Los escépticos afirman que la asociación es puramente estadística: que, por ejemplo, una galaxia brillante próxima y un cuasar más distante, que tienen respectivamente desplazamientos hacia el rojo muy diferentes y velocidades de recesión muy distintas también, han podido quedar alineados por puro accidente en nuestra visual, y que no tienen una asociación física real. Estas alineaciones estadísticas pueden darse por casualidad de vez en cuando. El debate se centra en si el número de coincidencias es superior al que cabría esperar por acción del azar. Arp señala otros casos en los que una galaxia con un desplazamiento hacia el rojo pequeño está flanqueada por dos quasars de desplazamiento hacia el rojo grande y casi idéntico. Él cree que los quasars no están a distancias cosmológicas, sino que son proyectados a izquierda y a derecha por la galaxia de primer plano; y que los desplazamientos hacia el rojo son el resultado de algún mecanismo hasta ahora inexplorado. Los escépticos replican con la alineación coincidente y con la interpretación convencional de Hubble y Humason sobre los desplazamientos hacia el rojo. Si Arp está en lo cierto, los mecanismos exóticos propuestos para explicar la fuente de energía de los quasars distantes: reacciones en cadena de supernovas, agujeros negros de masa extraordinaria y otros semejantes resultarían innecesarios. Los quasars no tendrían que ser muy distantes. Pero se precisará otro mecanismo exótico para explicar el desplazamiento hacia el rojo. En todo caso algo muy extraño está pasando en las profundidades del espacio.

La recesión aparente de las galaxias, con el desplazamiento hacia el rojo interpretado de acuerdo con el efecto Doppler, no es la única prueba en favor del *big bang*. Una prueba independiente y muy persuasiva deriva de la radiación de fondo cósmica de cuerpo negro, la débil estática en las ondas de radio que proviene muy uniformemente de todas las direcciones del Cosmos y que tiene la intensidad precisa que hay que esperar en nuestra época si procede de la radiación fuertemente enfriada del *big bang*. Pero también aquí hay algo intrigante. Las observaciones con una antena de radio sensible volando encima de la atmósfera de la Tierra en un avión U 2 han demostrado que la radiación de fondo es en primera aproximación de igual intensidad en todas las direcciones: como si la bola de fuego del *big bang* se expandiera con mucha uniformidad, y el origen del universo tuviera una simetría muy precisa. Pero si se examina con una precisión más fina la radiación de fondo resulta que tiene una simetría imperfecta. Hay un pequeño efecto sistemático que podría comprenderse si la entera galaxia Vía Láctea (y probablemente otros miembros del grupo local) estuviera volando hacia el cúmulo de galaxias Virgo a más de 600 kilómetros por segundo. A esta velocidad llegaremos allí en diez mil millones de años, y la astronomía extragaláctica será entonces bastante más fácil. El cúmulo de Virgo es ya la colección de galaxias más rica que conocemos, repleta de espirales, elípticas e irregulares, un estuche lleno de joyas en el cielo. Pero ¿por qué tendríamos que ir disparados hacia allí? George Smoot y sus colegas, que hicieron estas observaciones de gran altitud, sugieren que la Vía Láctea es arrastrada gravitatoriamente hacia el centro del cúmulo de Virgo; que el cúmulo tiene muchas más galaxias de las que se han detectado hasta ahora, y algo más asombroso, que el cúmulo es de proporciones inmensas y se extiende a través de mil o dos mil millones de años luz de espacio. El mismo universo observable tiene sólo unas cuantas decenas de miles de millones de años luz de diámetro, y si hay un vasto supercúmulo en el grupo de Virgo, quizás haya otro supercúmulo a distancias mucho mayores, que por lo tanto son más difíciles de detectar. Parece ser que en la vida del universo no ha habido tiempo suficiente para que una inhomogeneidad gravitatoria inicial haya podido recoger la cantidad de masa que parece contener el supercúmulo de Virgo. Por ello Smoot llega a decir que el *big bang* fue mucho menos uniforme de lo que sugieren sus demás observaciones, que la distribución original de material en el universo era muy desigual. (Hay que esperar un cierto grado de desigualdad, incluso es preciso que ésta haya existido para comprender la condensación de las galaxias, pero una desigualdad a esta escala constituye una sorpresa.) Quizás la paradoja puede resolverse imaginando dos o más *big bangs* casi simultáneos.

Si el cuadro general de un universo en expansión y de un *big bang* es correcto, tenemos que enfrentarnos con preguntas aún más difíciles. ¿Cómo eran las condiciones en la época del *big bang*? ¿Qué sucedió antes? ¿Había un diminuto universo carente de toda materia y luego la materia se creó repentinamente de la nada? ¿Cómo sucede una cosa así? Es corriente en muchas culturas responder que Dios creó el universo de la nada. Pero esto no hace más que aplazar la cuestión. Si queremos continuar valientemente con el tema, la pregunta

siguiente que debemos formular es evidentemente de dónde viene Dios. Y si decidimos que esta respuesta no tiene contestación ¿por qué no nos ahorramos un paso y decidimos que el origen del universo tampoco tiene respuesta? O si decimos que Dios siempre ha existido, ¿por qué no nos ahorramos un paso y concluimos diciendo que el universo ha existido siempre?

Cada cultura tiene un mito sobre el mundo antes de la creación, y sobre la creación del mundo, a menudo mediante la unión sexual de los dioses o la incubación de un huevo cósmico. En general se supone, de modo ingenuo, que el universo sigue el precedente humano o animal. He aquí, por ejemplo, cinco pequeños extractos de tales mitos, en niveles diferentes de sofisticación, procedentes de la cuenca del Pacífico:

Al principio de todo, las cosas estaban descansando en una noche perpetua: la noche lo oprimía todo como una maleza impenetrable.

*El mito del Gran Padre del pueblo aranda de Australia Central*

Todo estaba en suspenso, todo en calma, todo silencioso; todo inmóvil y tranquilo; y los espacios del cielo estaban vacíos.

*El Popol Vuh de los mayas quiché*

Na Arean estaba sentado solo en el espacio como una nube que flota en la nada. No dormía porque no había el sueño; no tenía hambre porque todavía no había hambre. Estuvo así durante mucho tiempo, hasta que se le ocurrió una idea. Se dijo a sí mismo: Voy a hacer una cosa.

*Mito de Maia, islas Gilbert*

Hubo primero el gran huevo cósmico. Dentro del huevo había el caos, y flotando en el caos estaba Pan Gu, el No desarrollado, el Embrión divino. Y Pan Gu salió rompiendo el huevo, cuatro veces más grande que cualquier hombre actual, con un martillo y un cincel en la mano con los cuales dio forma al mundo.

*Mitos de Pan Gu, China, hacia el siglo tercero*

Antes de que el cielo y la tierra hubiesen tomado forma todo era vago y amorfo... Lo que era claro y ligero se desplazó hacia arriba para convertirse en el cielo, mientras que lo pesado y turbio se solidificó para convertirse en tierra. Fue muy fácil que el material puro y fino se reuniera, pero muy difícil que el material pesado y turbio se solidificara. Por eso el cielo quedó completado primero y la tierra tomó su forma después. Cuando el cielo y la tierra se unieron en vacuidad y todo era una simplicidad tranquila, las cosas



**llegaron al Ser sin ser creadas. Esta fue la Gran Unidad. Todas las cosas salieron de esta Unidad pero todas se hicieron diferentes.**

***Huainan Zi*, China, hacia el siglo 1 a. de C.**

**Estos mitos demuestran la audacia humana. La diferencia principal entre ellos y nuestro mito moderno científico del *big bang* es que la ciencia se autoexamina y que podemos llevar a cabo experimentos y observaciones para comprobar nuestras ideas. Pero estas otras historias de creación son merecedoras de nuestro profundo respeto.**

**Toda cultura humana se alegra de la existencia de ciclos en la Naturaleza. Se pensó entonces que estos ciclos no podían existir si la voluntad de los dioses no lo hubiese querido así. Y si hay ciclos en los años del hombre, ¿no podría haber también ciclos en las eras de los dioses? La religión hindú es la única de las grandes del mundo que inculca la idea de que el mismo Cosmos está sujeto a un número de muertes y de renacimientos inmenso, de hecho infinito. Es la única religión en la que las escalas temporales corresponden, sin duda por casualidad, a las de la cosmología científica moderna. Sus ciclos van de nuestro día y noche corrientes hasta un día y una noche de Brahma, que dura 8 640 millones de años, más tiempo que la edad de la Tierra o del Sol y una mitad aproximadamente del tiempo transcurrido desde *el big bang*. Y hay todavía escalas de tiempo más largas.**

**Hay en esta religión el concepto profundo y atrayente de que el universo no es más que el sueño de un dios que después de cien años de Brahma se disuelve en un sueño sin sueños. El universo se disuelve con él hasta que después de otro siglo de Brahma, se remueve, se recompone y empieza de nuevo a soñar el gran sueño cósmico. Mientras tanto, y en otras partes, hay un número infinito de otros universos, cada uno con su propio dios soñando el sueño cósmico. Estas grandes ideas están atemperadas por otra quizás más grande todavía. Se dice que quizás los hombres no son los sueños de los dioses, sino que los dioses son los sueños de los hombres.**

**En la India hay muchos dioses y cada dios tiene muchas manifestaciones. Los bronces chola creados en el siglo undécimo, presentan varias encarnaciones diferentes del dios Shiva. La más elegante y sublime de ellas es una representación de la creación del universo al principio de cada ciclo cósmico, motivo conocido por la danza cósmica de Shiva. El dios, llamado en esta manifestación Nataraja, el Rey de la Danza, tiene cuatro manos. En la mano superior derecha hay un tambor cuyo sonido es el sonido de la creación. En la superior izquierda una lengua de fuego, recordando que el universo acabado de crear ahora, quedará destruido totalmente dentro de miles de millones de años. Me gusta pensar que estas imágenes profundas y hennosas son una especie de premonición de las ideas astronómicas modernas. <sup>1</sup> Es muy probable que el universo haya estado expansionándose desde el *big bang*, pero no está en absoluto claro que continúe expansionándose indefinidamente. La expansión puede hacerse cada vez más lenta hasta detenerse e invertirse. Si hay menos de**

una cierta cantidad crítica de materia en el universo, la gravitación de las galaxias en recesión será insuficiente para detener la expansión, y el universo continuará su fuga para siempre. Pero si hay más materia de la que podemos ver escondida por ejemplo en agujeros negros o en gas caliente pero invisible entre las galaxias el universo se mantendrá unido gravitatoriamente y sufrirá una sucesión muy india de ciclos, una expansión seguida por una contracción, universo sobre universos, Cosmos sin fin. Si vivimos en un universo oscilatorio de este tipo, el *big bang* no es la creación del Cosmos, sino simplemente el final del ciclo anterior, la destrucción de la última encarnación del Cosmos.

Es posible que ninguna de estas modernas cosmologías sea totalmente de nuestro agrado. En una de ellas el universo fue creado de algún modo hace diez o veinte mil millones de años y se expande indefinidamente, huyendo las galaxias unas de otras hasta que la última desaparezca más allá del horizonte cósmico. Entonces los astrónomos galácticos se quedan sin ocupación, las estrellas se enfrían y mueren, la misma materia degenera y el universo se convierte en una niebla fina y fría de partículas elementales. En la otra el universo es oscilante, el Cosmos carece de principio y de fin, y estamos en medio de un ciclo infinito de muertes y renacimientos cósmicos sin que escape ninguna información por las cúspides de la oscilación. Nada se filtra de las galaxias, estrellas, planetas, formas de vida o civilizaciones que evolucionaron en la encarnación anterior del universo, ni pasa por la cúspide o se insinúa más allá del *big bang*, para que podamos conocerlo en nuestro universo actual. El destino del universo en ambas cosmologías puede parecer algo deprimente, pero podemos consolarnos con las escalas temporales en juego. Estos acontecimientos ocuparán decenas de miles de millones de años, o más. Los seres humanos y nuestros descendientes, sean cuales fueren, pueden conseguir muchas cosas en decenas de miles de millones de años, antes de que el Cosmos muera.

Si el universo oscila realmente se plantean cuestiones todavía más extrañas. Algunos científicos piensan que cuando la expansión va seguida por la contracción, cuando los espectros de las galaxias distantes están todos desplazados hacia el azul, la causalidad quedará invertida y los efectos precederán a las causas. Primero las ondas se propagan a partir de un punto de la superficie de agua y luego tiro la piedra en el estanque. Primero la linterna da luz y luego la enciendo. No podemos aspirar a entender lo que esta inversión de la causalidad significa. ¿Nacerán las personas de aquella época en la tumba y morirán en la matriz? ¿Irá el tiempo hacia atrás? ¿Tienen algún sentido estas cuestiones?

Los científicos se preguntan qué sucede en las cúspides, en la transición de la contracción a la expansión de un universo oscilante. Algunos piensan que las leyes de la naturaleza se reordenan al azar, que el tipo de física y de química que ordena este universo representa únicamente un caso de una gama infinita de posibles leyes naturales. Si las leyes de la naturaleza quedan reordenadas de modo impredecible en las cúspides, es una coincidencia realmente

extraordinaria que precisamente ahora la máquina tragaperras cósmica haya sacado un universo que es consistente con nosotros . 4

¿Vivimos en un universo que se expande indefinidamente o en un universo en el cual hay un conjunto infinito de ciclos? Hay maneras de decidirlo: haciendo un censo preciso de la cantidad total de materia en el universo, o bien observando el borde del Cosmos.

Los radiotelescopios pueden detectar objetos muy débiles y muy distantes. Cuando profundizamos en el espacio también nuestra vista retrocede en el tiempo. El quasar más cercano está quizás a quinientos millones de años luz de distancia. El más alejado puede estar a diez o doce o más miles de millones. Pero si vemos un objeto situado a doce mil millones de años luz de distancia, lo vemos tal como era hace doce mil millones de años. Mirando hacia la profundidad del espacio miramos también hacia el pasado lejano, hacia el horizonte del universo, hacia la época del *big bang*.

El Dispositivo de Muy Gran Amplitud (Very Large Array: VLA) es un conjunto de veintisiete radiotelescopios separados en una región remota de Nuevo Méjico. Es un dispositivo en fase: los telescopios individuales están conectados electrónicamente como si fueran un único telescopio del mismo tamaño que sus elementos más alejados, como si fuera un radiotelescopio de decenas de kilómetros de diámetro. El VLA es capaz de resolver o de discriminar detalles finos en las regiones de radio del espectro, de modo comparable a lo que pueden hacer los telescopios terrestres más grandes en la región óptica del espectro.

A veces estos radiotelescopios se conectan con telescopios en la otra cara de la Tierra formando una línea base comparable al diámetro de la Tierra: en cierto sentido un telescopio tan grande como el planeta. En el futuro podremos situar telescopios en la órbita de la Tierra, al otro lado del Sol, formando de modo efectivo un radiotelescopio tan grande como el sistema solar interior.

Estos telescopios podrán revelar la estructura interna y la naturaleza de los quasars. Quizás se descubra una candela estándar de quasar y se puedan determinar sus distancias con independencia de sus desplazamientos hacia el rojo. Si entendemos la estructura y el desplazamiento hacia el rojo de los quasars más distantes quizás podamos ver si la expansión del universo fue más rápida hace miles de millones de años, si la expansión está perdiendo ímpetu, si el universo llegará algún día a entrar en colapso.

Los radiotelescopios modernos son de una sensibilidad exquisita; un quasar distante es tan débil que su radiación detectada suma quizás una mil billonésima de watio. La cantidad total de energía procedente del exterior del sistema solar y recibida conjuntamente por todos los radiotelescopios del planeta Tierra es menor que la energía de un solo copo de nieve al chocar contra el suelo. Los radioastrónomos, cuando detectan la radiación cósmica de fondo, cuando cuentan los quasars, cuando buscan señales inteligentes procedentes del espacio, trabajan con cantidades de energía que apenas puede decirse que estén ahí.

Alguna materia, especialmente la materia de las estrellas, brilla con luz visible y es fácil de ver. Otra materia, por ejemplo el gas y el polvo de las afueras de las

galaxias no se detecta tan fácilmente. No emite luz visible, aunque parece emitir ondas de radio. Este es un motivo por el cual para descifrar los misterios cósmicos hay que utilizar instrumentos exóticos y frecuencias distintas de la luz visible a la cual nuestro ojo es sensible. Observatorios en órbita terrestre descubrieron un intenso brillo de rayos X entre las galaxias. Al principio se pensó que era hidrógeno intergaláctico caliente, una cantidad inmensa nunca vista antes, quizás suficiente para cerrar el Cosmos y garantizar que nos encontramos encerrados en un universo oscilante. Pero observaciones más recientes de Ricardo Giacconi pueden haber resuelto este brillo de rayos X en puntos individuales, que son quizás una horda inmensa de quasars distantes. Contribuyen también al universo con una masa anteriormente desconocida. Cuando se haya completado el repertorio cósmico y se haya sumado toda la masa de todas las galaxias, quasars, agujeros negros, hidrógeno intergaláctico, ondas gravitatorias y habitantes todavía más exóticos del espacio, sabremos el tipo de universo que habitamos.

A los astrónomos, cuando discuten la estructura a gran escala del Cosmos, les gusta decir que el espacio es curvo, o que el Cosmos carece de centro, o que el universo es finito pero ¡limitado. ¿De qué están hablando? Imaginemos que habitamos un país extraño donde todos somos perfectamente planos. De acuerdo con Edwin Abbott, un estudioso de Shakespeare que vivió en la Inglaterra victoriana, le llamaremos Flatland. Algunos somos cuadrados; algunos son triángulos, algunos tienen formas más complejas. Entramos y salimos muy atareados de nuestros edificios planos ocupados en nuestros negocios y nuestras diversiones planas. Todo el mundo en Flatland tiene anchura y longitud pero carece de altura. Conocemos la derecha izquierda y el delante atrás, pero no tenemos ni idea, ni pizca de comprensión por el am'ba abajo. Pero los matemáticos planos sí lo entienden. Ellos nos dicen: Todo es muy fácil. Imaginad el derecha izquierda. Imaginad el delante atrás. ¿Seguís? Imaginad ahora otra dimensión que forma ángulo recto con las otras dos.

Y nosotros decimos: ¿Pero de qué nos hablas? ¿Cómo puede formar ángulo recto con las otras dos? Sólo *hay* dos dimensiones. Enseñanos esta tercera dimensión. ¿Dónde está? Y los matemáticos, desanimados, se largan. Nadie escucha a los matemáticos. Todo ser plano de Flatland ve a otro cuadrado como un corto segmento de línea, el lado del cuadrado que está más cerca de él. Para poder ver el otro lado del cuadrado ha de dar un corto paseo. Pero el *intepior* del cuadrado permanece eternamente misterioso, a no ser que algún terrible accidente o una autopsia rompa los lados y deje expuestas las partes interiores.

Un día un ser tridimensional, por ejemplo en forma de pera, llega a Flatland y se queda mirándolo desde arriba. Al ver que un cuadrado especialmente atractivo y de aire sociable entra en su casa plana, la pera decide en un gesto de amistad interdimensional saludarlo. ¿Cómo estás? , le dice el visitante de la tercera dimensión. Soy un visitante de la tercera dimensión. El desgraciado cuadrado mira por toda su casa que está cerrada y no ve a nadie. Peor todavía: se imagina que el saludo que entra desde arriba es una emanación de su propio cuerpo

plano, una voz de su interior. La familia ha estado siempre algo charada, piensa quizás para darse ánimos.

La pera, exasperada al ver que la toman por una aberración psicológica, desciende a Flatland. Pero un ser tridimensional sólo puede existir parcialmente en Flatland, sólo puede verse una sección de él, sólo los puntos de contacto con la superficie plana de Flatland. Una pera deslizándose por Flatland aparecería primero como un punto y luego como rodajas cada vez mayores y aproximadamente circulares. El cuadrado ve que aparece un punto en una habitación cerrada de su mundo bidimensional que crece lentamente hasta formar casi un círculo. Un ser de forma extraña y cambiante ha surgido de la nada.

La pera, desairada, irritada por la obtusidad de los muy planos da un golpe al cuadrado y lo proyecta por los aires revoloteando y dando vueltas por esta misteriosa tercera dimensión. Al principio el cuadrado es incapaz de entender lo que está sucediendo: es algo que escapa totalmente a su experiencia. Pero al final se da cuenta de que está viendo Flatland desde una perspectiva especial: desde arriba. Puede ver el interior de habitaciones cerradas. Puede ver el interior de sus congéneres planos. Está contemplando su universo desde una perspectiva única y arrolladora. El viaje por otra dimensión ofrece como una ventaja adicional una especie de visión con rayos X. Al final nuestro cuadrado desciende lentamente hasta la superficie como una hoja que cae. Desde el punto de vista de sus compañeros de Flatland desapareció inexplicablemente de una habitación cerrada y luego se materializó penosamente de la nada. Por Dios, le dicen, ¿qué te ha pasado? Me parece, contesta él mecánicamente, que estuve *ancha*. Le dan unos golpecitos en los costados y le consuelan. La familia siempre tuvo visiones.

En estas contemplaciones interdimensionales no tenemos que limitarnos a las dos dimensiones. Podemos imaginar, siguiendo a Abbott, un mundo de una dimensión, donde cada cual es un segmento de línea, o incluso el mundo mágico de los animales de cero dimensiones, los puntos. Pero quizás sea más interesante la cuestión de las dimensiones superiores. ¿Podría existir una cuarta dimensión física?

Podemos imaginar que generamos un cubo de la siguiente manera: Tomemos un segmento de línea de una cierta longitud y desplacémoslo una longitud igual en ángulo recto a sí mismo. Tenemos un cuadrado. Desplacemos el cuadrado una longitud igual en ángulos rectos a sí mismo y tendremos un cubo. Sabemos que este cubo proyecta una sombra, que dibujamos normalmente en forma de dos cuadrados con sus vértices conectados. Si examinamos la sombra de un cubo en dos dimensiones, nos damos cuenta de que no todas las líneas aparecen iguales, y de que no todos los ángulos son ángulos rectos. El objeto tridimensional no ha quedado perfectamente representado en su transfiguración a dos dimensiones. Este es el coste que hay que pagar por perder una dimensión en la proyección geométrica: no derecha izquierda, no delante atrás, no arriba abajo, sino simultáneamente en ángulos rectos a todas estas direcciones. No puedo decir qué dirección es ésta pero puedo imaginarme que

existe. En este caso habremos generado un hipercubo cuadridimensional, llamado también tesseracto. No puedo enseñar un tesseracto, porque estamos encerrados en tres dimensiones. Pero lo que puedo enseñar es la sombra en tres dimensiones de un tesseracto. Se parece a dos cubos anidados, con todos los vértices conectados por líneas. Pero en el tesseracto real de cuatro dimensiones todas las líneas tendrán longitud igual y todos los ángulos serán ángulos rectos.

Imaginemos un universo igual que Flatland, con la excepción de que, sin que sus habitantes lo sepan, su universo bidimensional está curvado a través de una tercera dimensión física. Cuando los habitantes de Flatland hacen excursiones cortas, su universo les resulta suficientemente plano. Pero si uno de ellos hace un paseo lo bastante largo por lo que él imagina ser una línea perfectamente recta, descubre un gran misterio: a pesar de no haber llegado a ninguna barrera ni de haber en ningún momento dado la vuelta, ha acabado de algún modo llegando al lugar de donde partió. Su universo bidimensional tiene que haber sido deformado, doblado o curvado a través de una misteriosa tercera dimensión. Él no puede imaginar esta tercera dimensión, pero puede deducirla. Si sumamos en esta historia una dimensión a todas las citadas tenemos una situación que puede ser válida para nosotros.

¿Dónde está el centro del Cosmos? ¿Tiene el universo algún borde? ¿Qué hay detrás de él? En un universo bidimensional, curvado a través de una tercera dimensión no *hay* centro, por lo menos no lo hay sobre la superficie de una esfera. El centro de este universo no está *en* este universo; está situado inaccesiblemente en la tercera dimensión, *dentro* de la esfera. Aunque en la superficie de la esfera el área está limitada, este universo carece de borde: es finito pero ¡limitado. Y la pregunta: ¿qué hay más allá? carece de sentido. Los seres planos no pueden por sí solos escapar de sus dos dimensiones.

Si incrementamos por uno todas las dimensiones citadas tenemos una situación que puede ser válida para nosotros: el universo como una hiperesfera cuadridimensional sin centro ni borde, y sin nada más allá. ¿A qué se debe que todas las galaxias parece que huyan de *nosotros*? La hiperesfera se está expandiendo a partir de un punto como si se hinchara un balón cuadridimensional, creando a cada instante más espacio en el universo. En algún momento posterior al inicio de la expansión, las galaxias se condensan y son transportadas hacia el exterior sobre la superficie de la hiperesfera. Hay astrónomos en cada galaxia, y la luz que ven también está atrapada en la superficie curva de la hiperesfera. A medida que la esfera se expande, un astrónomo de cualquier galaxia pensará que todas las demás galaxias huyen de él. No hay marcos de referencia privilegiados. 1 Cuanto más lejos está la galaxia más rápidamente retrocede. Las galaxias están incrustadas, sujetas al espacio, y el tejido de espacio se está expansionando. Y la respuesta a la pregunta ¿en qué parte del universo presente ocurrió el *big bang*? es clara: en todas partes. Si hay insuficiente materia para impedir que el universo continúe expandiéndose indefinidamente ha de tener una forma abierta, curvada como una silla de montar, con una superficie que se extienda al infinito en nuestra analogía

tridimensional. Si hay suficiente materia, tiene una forma cerrada, curvada como una esfera en nuestra analogía tridimensional. Si el universo está cerrado, la luz está atrapada en su interior. En los años 1920 unos observadores encontraron en una dirección opuesta a M31 un par distante de galaxias espirales. Se preguntaron si era posible que estuviesen viendo la Vía Láctea y M31 desde la otra dirección: como si viéramos nuestro cogote gracias a la luz que ha circunnavegado el universo. Sabemos ahora que el universo es mucho mayor de lo que se imaginaba en los años 1920. La luz tardaría más de la edad del universo en circunnavegarlo. Y las galaxias son más óvenes que el universo. Pero si el Cosmos está cerrado y la luz no puede escapar de él, puede ser perfectamente correcto describir el universo como un agujero negro. Si queremos saber qué aspecto tiene el interior de un agujero negro miremos a nuestro alrededor.

Hemos mencionado antes la posibilidad de que existan galerías para ir de un lugar a otro del universo sin cubrir la distancia intermedia: a través de un agujero negro. Podemos imaginar estas galerías como tubos a través de una cuarta dimensión física. No sabemos que existan estas galerías. Pero suponiendo que existan ¿han de acabar siempre desembocando en otro lugar de nuestro universo? ¿O es posible que las galerías conecten con otros universos, con lugares que de otro modo serían siempre inaccesibles para nosotros? Nada se opone a que existan muchos más universos. Quizás están en cierto sentido anidados uno dentro del otro.

Hay una idea extraña, atrayente, evocativa, una de las conjeturas más exquisitas de la ciencia o de la religión. Es una idea totalmente indemostrada; quizás no llegue a demostrarse nunca. Pero excita enormemente. Se nos dice que existe una jerarquía infinita de universos, de modo que si penetramos en una partícula elemental, por ejemplo un electrón de nuestro universo, se nos revelaría como un universo enteramente cerrado. Dentro de él' organizadas como el equivalente local de galaxias y estructuras más pequeñas, hay un número inmenso de otras partículas elementales mucho más diminutas, que a su vez son universos en el nivel siguiente, y así indefinidamente: una regresión infinita hacia abajo, sin fin. Y lo mismo hacia arriba. Nuestro universo familiar de galaxias y estrellas, planetas y personas, sería una única partícula elemental en el siguiente universo superior, el primer paso de otra regresión infinita.

Esta es la única idea religiosa que conozco que supera a la del número sin fin de universo cíclico infinitamente viejo de la cosmología hindú. ¿Qué aspecto tendrían estos otros universos? ¿Estarían contruidos sobre leyes físicas distintas? ¿Tendrían estrellas y galaxias y mundos, o algo muy distinto? ¿Podrían ser compatibles con alguna forma de vida inimaginablemente distinta? Para entrar en él tendríamos que penetrar en cierto modo en una cuarta dimensión física: la empresa desde luego no es fácil, pero quizás un agujero negro nos abriría el camino. Es posible que existan pequeños agujeros negros en la cercanía del Sol. Después de balancearnos en el borde de la eternidad, saltaríamos fuera...

## Capítulo 11. La persistencia de la memoria.

Una vez determinados los destinos de Cielo y Tierra, habiendo recibido zanjas y canales su curso adecuado, establecidas ya las orillas del Tigris y del Eufrates, ¿qué nos queda por hacer? ¿qué más tenemos que crear?

Oh Anunaki, grandes dioses del cielo, ¿qué nos queda por hacer?

Narración asiria de la creación del hombre, 800 a. de C.

Cuando él, sea cual fuere de los dioses, hubo dispuesto ordenadamente de este modo y resuelto aquella masa caótica, y la hubo reducido, resuelta de este modo, a partes cósmicas, empezó moldeando la Tierra como una bola poderosa para que su forma fuera la misma por todos lados... Y para que ninguna región careciera de sus formas propias de vida animada, las estrellas y las formas divinas ocuparon el suelo del cielo, el mar correspondió a los peces relucientes para que fuera su hogar, la Tierra recibió a los animales y el aire móvil a los pájaros... Luego nació el Hombre:... todos los animales van con la cabeza baja y fijan su mirada en el suelo, pero él dio al Hombre un rostro levantado y le ordenó que estuviera erecto y que elevara sus ojos al cielo.

*OVIDIO, Metamorfosis, siglo primero*

EN LA G@ OSCURIDAD CÓSMICA HAY incontables estrellas y planetas más jóvenes y más viejos que nuestro sistema solar. Aunque por ahora no podemos estar seguros de ello, los mismos procesos que provocaron la evolución de la vida y de la inteligencia en la Tierra tendrían que estar actuando en todo el Cosmos. Es posible que sólo en la galaxia Vía Láctea haya un millón de mundos habitados por seres muy diferentes de nosotros y mucho más avanzados. Saber muchas cosas no es lo mismo que ser inteligente; la inteligencia no es solamente información, sino también juicio, la manera de coordinar y hacer uso de la información. A pesar de todo, la cantidad de información a la que tenemos acceso es un índice de nuestra inteligencia. La medida, la unidad de información, es algo llamado bit (dígito binario). Es una respuesta sí o no a una pregunta no ambigua. Para determinar si una lámpara está encendida o apagada se necesita un único bit de información. Para designar una de las veintiséis letras del alfabeto latino se necesitan cinco bits ( $2^5 = 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 32$ , que es más que 26). El contenido de información verbal de este libro es algo inferior a diez millones de bits,  $10^7$ . El número total de bits que caracteriza un programa de televisión de una hora de duración es de unos  $10^{12}$ . La información en forma de palabras e imágenes de los diferentes libros de todas las bibliotecas de la Tierra es de unos  $10^{16}$  o  $10^{11}$  bits. No hay duda que mucha de esta información es redundante. Una cifra así calibra de modo basto lo que los hombres saben. Pero en otros lugares, en otros mundos, donde la vida ha evolucionado miles de



millones de años antes que en la Tierra, quizás sepan 1020 bits o 1030, y no más información, sino una información significativamente distinta.

Consideremos un planeta raro entre estos millones de mundos habitados por inteligencias avanzadas, el único de su sistema con un océano superficial de agua líquida. En este rico medio ambiente acuático, viven muchos seres relativamente inteligentes: algunos con ocho apéndices para coger cosas, otros que se comunican entre sí actuando sobre un intrincado sistema de manchas brillantes y oscuras en sus cuerpos; incluso pequeños e inteligentes seres de tierra firme que hacen breves incursiones por el océano en naves de madera o de metal. Pero nosotros buscamos a las inteligencias dominantes, a los seres más maravillosos del planeta, los dueños sensibles y graciosos del océano profundo, a las grandes ballenas.

Son los animales más grandes 2 que hayan evolucionado nunca sobre el planeta Tierra, mucho mayores que los dinosaurios. Una ballena azul adulta puede tener treinta metros de longitud y pesar 150 toneladas. Muchas ballenas, especialmente las ballenas yubartas, son animales que pacen plácidamente, recorriendo vastos volúmenes de océano en búsqueda de los animales con que se apacientan; otros comen pescado y pequeños crustáceos. Las ballenas son unos recién llegados al océano. Hace sólo setenta millones de años sus antepasados eran mamíferos carnívoros que migraron por pasos lentos de la tierra al océano. Entre las ballenas las madres dan de mamar y se ocupan tiernamente de sus vástagos. Éstos tienen una infancia larga durante la cual los adultos enseñan a los jóvenes. El juego es un pasatiempo típico. Todo esto es característico de los mamíferos, e importante para el desarrollo de seres inteligentes.

El mar es poco transparente. La vista y el olfato, que son muy útiles para los mamíferos en tierra, no sirven de mucho en las profundidades del océano. Los antepasados de las ballenas que contaban en estos sentidos para localizar una pareja o una cría o un predador no dejaron mucha descendencia. La evolución perfeccionó otro método que funciona maravillosamente bien y es un elemento esencial para entender a las ballenas: el sentido del sonido. Algunos sonidos de ballenas reciben el nombre de canciones, pero todavía ignoramos su naturaleza y significado reales. Ocupan una amplia banda de frecuencias, pasando muy por debajo del sonido más grave que el oído humano puede oír o detectar. Una canción típica de ballena dura quizás quince minutos; las más largas, una hora. A menudo se repite de modo idéntico, compás por compás, medida por medida, nota por nota. A veces un grupo de ballenas abandona sus aguas invernales en medio de una canción y seis meses más tarde vuelven y continúan exactamente en la nota correcta como si no hubiese habido interrupción. Las ballenas tienen muy buena memoria. Es más frecuente que al regresar haya cambiado la vocalización. Aparecen nuevas canciones en el *hit parade* de los cetáceos.

Con mucha frecuencia los miembros del grupo cantan juntos la misma canción. La pieza, por algún consenso mutuo, por algún sistema de composición colectiva, va cambiando de mes en mes, lentamente y de modo predecible. Estas vocalizaciones son complejas. Si enunciamos las canciones de la ballena

yubarta como un lenguaje tonal, el contenido total de información, el número de bits de información de estas canciones es de unos 101 bits, el mismo contenido de información más o menos que la *Ilíada* o la *Odisea*. No sabemos de qué pueden hablar las ballenas o sus primos los delfines. No disponen de órganos de manipulación, no construyen obras de ingeniería, pero son seres sociales. Cazan, nadan, pescan, pacen, retozan, copulan, juegan, huyen de los predadores. Quizás tengan mucho de qué hablar.

El principal peligro de las ballenas es un recién llegado, un animal escalador que sólo recientemente y gracias a la tecnología se ha hecho competente en los océanos, un ser que se denomina a sí mismo humano. Durante el 99,99% de la historia de las ballenas, no había hombres dentro o sobre el océano profundo. Durante este período las ballenas crearon por evolución su extraordinario sistema de audiocomunicación. Las ballenas yubartas, por ejemplo, emiten sonidos muy altos a una frecuencia de unos veinte hertz, cerca de la octava más baja del teclado de un piano. (Un hertz es una unidad de frecuencia sonora que representa una onda de sonido, una cresta y un valle, entrando en nuestro oído cada segundo.) Estos sonidos de tan baja frecuencia apenas son absorbidos en el océano. El biólogo norteamericano Roger Payne ha calculado que utilizando el canal de sonido del océano profundo, dos ballenas podrían comunicarse entre sí a veinte hertz esencialmente en cualquier punto del mundo. Una podría estar a lo largo de la Plataforma de Hielo de Ross, en la Antártida, y comunicarse con otra en las Aleutianas. Quizás las ballenas durante la mayor parte de su historia han dispuesto de una red de comunicaciones global. Quizás cuando están separadas a 15 000 kilómetros de distancia sus vocalizaciones son canciones de amor, emitidas con toda la esperanza hacia la vastitud del piélago.

Durante decenas de millones de años estos seres enormes, inteligentes y comunicativos han evolucionado sin tener, de hecho, enemigos naturales. Luego el desarrollo del buque a vapor en el siglo diecinueve introdujo una siniestra fuente de polución sonora. A medida que los buques comerciales y militares se han hecho más abundantes, el ruido del fondo de los océanos, especialmente en la frecuencia de veinte hertz, se ha hecho perceptible. Las ballenas, que se comunicaban a través de los océanos, han tenido que experimentar dificultades cada vez mayores. La distancia a través de la cual podían comunicar tuvo que disminuir continuamente. Hace doscientos años, una distancia típica a través de la cual las yubartas podían comunicarse era quizás de 10 000 kilómetros. Hoy en día la cifra correspondiente es quizás de unos pocos centenares de kilómetros. ¿Saben las ballenas sus respectivos nombres? ¿Pueden reconocerse como individuos a base sólo de los sonidos? Hemos segregado a las ballenas de nosotros. Unos seres que se comunicaron de modo efectivo durante decenas de millones de años han quedado reducidos de modo efectivo al silencio. 3

Y hemos hecho cosas aún peores, porque todavía persiste un tráfico con los cuerpos muertos de las ballenas. Hay hombres que cazan y sacrifican ballenas y venden los productos en el mercado para fabricar lápices de labios o lubricante industrial. Muchas naciones entienden que el asesinato sistemático de tales

seres inteligentes es monstruoso, pero el tráfico continúa, promovido principalmente por el Japón, Noruega y la Unión Soviética. Los seres humanos, como especie, estamos interesados en comunicar con inteligencias extraterrestres. ¿No sería un buen principio mejorar la comunicación con las inteligencias terrestres, con otros seres humanos de culturas y lenguajes diferentes, con los grandes simios, con los delfines y especialmente con estos dueños inteligentes de las profundidades, las grandes ballenas?

Una ballena para poder vivir ha de saber hacer muchas cosas. Este conocimiento está almacenado en sus genes y en sus cerebros. La información genética explica cómo convertir el plancton en grasa de ballena, o cómo aguantar la respiración en una zambullida que la lleva a un kilómetro por debajo de la superficie. La información en los cerebros, la información aprendida incluye, por ejemplo, quién es tu madre, o el significado de la canción que estás escuchando ahora. La ballena, como todos los demás animales de la Tierra, tiene una biblioteca de genes y una biblioteca de cerebro.

El material genético de la ballena, como el material genético de los seres humanos, está hecho de ácidos nucleicos, estas moléculas extraordinarias, capaces de reproducirse a partir de los bloques constructivos químicos que las envuelven y de convertir la información hereditaria en acción. Por ejemplo, una enzima de ballena, idéntica a la que tenemos en cada célula de nuestro cuerpo, se llama hexoquinasa, el primero de más de dos docenas de pasos mediados por enzimas y necesarios para convertir una molécula de azúcar obtenido del plancton de la dieta de la ballena en un poco de energía: quizás una contribución a una única nota de baja frecuencia en la música de la ballena.

La información almacenada en la doble hélice del ADN de una ballena o de un hombre o de cualquier otra bestia o planta de la Tierra está escrita en un lenguaje de cuatro letras: los cuatro tipos distintos de nucleótidos, los componentes moleculares que forman el ADN. ¿Cuántos bits de información contiene el material hereditario de formas de vida distintas? ¿Cuántas respuestas sí/no a las diversas preguntas biológicas están escritas en el lenguaje de la vida? Un virus necesita unos 10 000 bits, equivalentes aproximadamente a la cantidad de información de esta página. Pero la información vírica es simple, extraordinariamente compacta y eficiente. Para leerla hay que prestar mucha atención. Son las instrucciones que necesita para infectar otros organismos y para reproducirse: las únicas cosas que los virus son capaces de hacer. Una bacteria utiliza aproximadamente un millón de bits de información, unas cien páginas impresas. Las bacterias tienen que hacer bastantes más cosas que los virus. Al contrario que los virus no son parásitas completas. Las bacterias tienen que ganarse la vida. Y una ameba unicelular que nada libremente es mucho más sofisticado; tiene unos cuatrocientos millones de bits en su ADN, y se precisarían unos ochenta volúmenes de quinientas páginas para hacer otra ameba.

Una ballena o un ser humano necesita unos cinco mil millones de bits. Si escribiéramos, por ejemplo en inglés, los  $5 \times 10^7$  bits de información de nuestra enciclopedia de la vida en el núcleo de cada una de nuestras células llenarían

un millar de volúmenes. Cada una de nuestras cien billones de células contiene una biblioteca completa con las instrucciones necesarias para hacer todas nuestras partes. Cada célula de nuestro cuerpo proviene, por sucesivas divisiones celulares, de una única célula, un óvulo fertilizado generado por nuestros padres. Cada vez que esta célula se dividió en los numerosos pasos embriológicos recorridos para fabricarnos, el conjunto original de instrucciones genéticas fue duplicado con gran fidelidad. De este modo las células de nuestro hígado tienen algún conocimiento no utilizado sobre la manera de fabricar nuestras células óseas, y al revés. La biblioteca genética contiene todo lo que nuestro cuerpo sabe hacer por sí mismo. La antigua información está escrita con un detalle exhaustivo, cuidadoso, redundante: cómo reír, cómo estomudar, cómo caminar, cómo reconocer formas, cómo reproducirse, cómo digerir una manzana. Las instrucciones de los primeros pasos en la digestión del azúcar de una manzana, si estuviesen expresados en el lenguaje de la química, tendrían el aspecto del esquema de las páginas 274 y 275.

El proceso necesario para comerse una manzana es inmensamente complicado. De hecho, si tuviese que sintetizar todas mis enzimas, si tuviera que recordar y dirigir *conscientemente todos* los pasos necesarios para sacar energía de la comida, probablemente moriría de hambre. Pero incluso las bacterias hacen una glucólisis anaeróbica, gracias a la cual las manzanas se pudren: hora del almuerzo para los microbios. Ellos, nosotros y todos los seres intermedios poseemos muchas instrucciones genéticas similares. Nuestras bibliotecas genéticas separadas tienen muchas cosas en común, lo cual es otro recordatorio de nuestra común herencia evolutiva. Nuestra tecnología sólo puede duplicar una diminuta fracción de la intrincada bioquímica que nuestros cuerpos llevan a cabo sin esfuerzo: apenas hemos empezado a estudiar estos procesos. Sin embargo, la evolución ha dispuesto de miles de millones de años de práctica. El ADN lo sabe.

Pero supongamos que lo que tuviésemos que hacer fuese tan complicado que fueran insuficientes incluso varios miles de millones de bits de información. Supongamos que el medio ambiente estuviese cambiando tan rápidamente que la enciclopedia genética precodificada que sirvió perfectamente hasta entonces ya no fuera del todo adecuada. En este caso no sería suficiente ni una biblioteca genética de 1 000 volúmenes. Es por esto que tenemos cerebros.

Como todos nuestros órganos el cerebro ha evolucionado, ha aumentado su complejidad y su contenido informativo a lo largo de millones de años. Su estructura refleja todas las fases por las que ha pasado. El cerebro evolucionó de dentro a fuera. En lo hondo está la parte más antigua, el tallo encefálico, que dirige las funciones biológicas básicas, incluyendo los ritmos de la vida, los latidos del corazón y la respiración. Según un concepto provocativo de Paul MacLean, las funciones superiores del cerebro evolucionaron en tres fases sucesivas. Coronando el tallo encefálico está el complejo R, la sede de la agresión, del ritual, de la territorialidad y de la jerarquía social, que evolucionó hace centenares de millones de años en nuestros antepasados reptilianos. En lo profundo de nuestro cráneo hay algo parecido al cerebro de un cocodrilo.

Rodeando el complejo R está el sistema límbico del cerebro de los mamíferos, que evolucionó hace decenas de millones de años en antepasados que eran mamíferos pero que todavía no eran primates. Es una fuente importante de nuestros estados de ánimo y emociones, de nuestra preocupación y cuidado por los jóvenes.

Y finalmente en el exterior, viviendo en una tregua incómoda con los cerebros más primitivos situados debajo, está la corteza cerebral, que evolucionó hace millones de años en nuestros antepasados primates. La corteza cerebral, donde la materia es transformada en consciencia, es el punto de embarque de todos los viajes cósmicos. Comprende más de las dos terceras partes y es el reino de la intuición y del análisis crítico. Es aquí donde tenemos ideas e inspiraciones, donde leemos y escribimos, donde hacemos matemáticas y componemos música. La corteza regula nuestras vidas conscientes. Es lo que distingue a nuestra especie, la sede de nuestra humanidad. La civilización es un producto de la corteza cerebral.

El lenguaje del cerebro no es el lenguaje del ADN de los genes. Lo que sabemos está ahora @ificado en células llamadas neuronas: elementos de conexión electroquímica, microscópicos, en general de unas centésimas de milímetro de diámetro. Cada uno de nosotros tiene quizás un centenar de miles de millones de neuronas, cifra comparable al número de estrellas en la galaxia Vía Láctea. Muchas neuronas tienen miles de conexiones con sus vecinas. Hay aproximadamente cien billones,  $10^{14}$ , de estas conexiones en la corteza del cerebro humano.

Charles Sherrington imaginó las actividades de la corteza cerebral al despertar: [La corteza] se convierte ahora en un campo chispeante de puntos de luz destelleando rítmicamente con trenes de chispas que se desplazan afanosamente por todas partes. El cerebro se está despertando y con él retorna la mente. Es como si la Vía Láctea iniciase alguna danza cósmica. [La corteza] se transforma rápidamente en un telar encantado donde millones de lanzaderas veloces tejen una forma en disolución, siempre una forma con sentido, pero nunca permanente, una armonía de subformas desplazándose. Ahora, a medida que el cuerpo se despierta, subformas de esta gran armonía de actividad descienden hacia las rutas no iluminadas del [cerebro inferior].

Rosarios de chispas destelleantes y en movimiento conectan sus enlaces. Esto significa que el cuerpo se ha levantado y se está enfrentando con su día de vigilia.

Incluso en el sueño el cerebro está pulsando, palpitando y destelleando con el complejo negocio de la vida humana: soñar, recordar, imaginar cosas. Nuestros pensamientos, visiones y fantasías poseen una realidad física. Si nos encogiéramos al nivel de las neuronas, podríamos presenciar formas elaboradas, intrincadas y evanescentes. Una podría ser la chispa de un recuerdo o el olor de lilas en un camino campestre de nuestra infancia. Otra podría ser un ansioso boletín enviado a todos los puntos: ¿Dónde he dejado mis llaves?

Hay muchos valles en las montañas de la mente, circunvoluciones que aumentan mucho la superficie disponible en la corteza cerebral para almacenar

información en un cráneo de tamaño limitado. La neuroquímica del cerebro es asombrosamente activa, son los circuitos de una máquina más maravillosa que todo lo que han inventado los hombres. Pero no hay pruebas de que su funcionamiento se deba a algo más que a las 10<sup>14</sup> conexiones neurales que construyen una arquitectura elegante de la consciencia. El mundo del pensamiento está dividido más o menos en dos hemisferios. El hemisferio derecho de la corteza cerebral se ocupa principalmente del reconocimiento de formas, la intuición, la sensibilidad, las intuiciones creadoras. El hemisferio izquierdo preside el pensamiento racional, analítico y crítico. Estas son las fuerzas duales, las oposiciones esenciales que caracterizan el pensamiento humano. Proporcionan conjuntamente los medios tanto para generar ideas como para comprobar su validez. Existe un diálogo continuo entre los dos hemisferios canalizado a través de un haz irunenso de nervios, el cuerpo caloso, el puente entre la creatividad y el análisis, dos elementos necesarios para comprender el mundo.

El contenido de información del cerebro humano expresado en bits es probablemente comparable al número total de conexiones entre las neuronas: unos cien billones (10<sup>14</sup>) de bits. Si por ejemplo escribiéramos en inglés esta información llenaría unos veinte millones de volúmenes, como en las mayores bibliotecas del mundo. En el interior de la cabeza de cada uno de nosotros hay el equivalente a veinte millones de libros. El cerebro es un lugar muy grande en un espacio muy pequeño. La mayoría de los libros del cerebro están en la corteza cerebral. En el sótano están las funciones de las que dependían principalmente nuestros antepasados remotos: agresión, crianza de los hijos, miedo, sexo, la voluntad de seguir ciegamente a los líderes. Algunas de las funciones cerebrales superiores lectura, escritura, lenguaje parecen localizadas en lugares concretos de la corteza cerebral. En cambio las memorias están almacenadas de modo redundante en muchos puntos. Si existiera la telepatía, una de sus maravillas sería la oportunidad de leer los libros de las cortezas cerebrales de nuestros seres queridos. Pero no hay pruebas seguras de la telepatía, y la comunicación de este tipo de información continúa siendo tarea de artistas y escritores.

El cerebro hace mucho más que recordar. Compara, sintetiza, analiza, genera abstracciones. Tenemos que inventar muchas más cosas de las que nuestros genes pueden conocer. Por esto la biblioteca del cerebro es unas diez mil veces mayor que la biblioteca de los genes. Nuestra pasión por aprender, evidente en el comportamiento de cualquier bebé, es la herramienta de nuestra supervivencia. Las emociones y las formas ritualizadas de comportamiento están incrustadas profundamente en nosotros. Forman parte de nuestra humanidad. Pero no son *característicamente* humanas. Muchos otros animales tienen sentimientos. Lo que distingue a nuestra especie es el pensamiento. La corteza cerebral es una liberación. Ya no necesitamos estar encerrados en las formas de comportamiento heredadas genéticamente de las lagartijas y los babuinos. Cada uno de nosotros es responsable en gran medida de lo que se introduce en nuestro cerebro, de lo que acabamos valorando y sabiendo cuando

somos adultos. Sin estar ya a merced del cerebro reptiliano, podemos cambiamos a nosotros mismos.

La mayoría de las grandes ciudades del mundo han ido creciendo de cualquier modo, poco a poco, respondiendo a las necesidades del momento; muy raramente se trata de una ciudad planeada para el futuro remoto. La evolución de una ciudad es como la evolución del cerebro: se desarrolla a partir de un pequeño centro y crece y cambia lentamente, dejando que continúen funcionando muchas partes antiguas. La evolución no dispone de sistemas para derribar el interior antiguo del cerebro a causa de sus imperfecciones y sustituirlo por algo de fabricación más moderna. El cerebro ha de funcionar durante la renovación. Por esto el tallo encefálico está rodeado por el complejo R, luego por el sistema límbico y finalmente por la corteza cerebral. Las partes viejas están encargadas de demasiadas funciones fundamentales para que puedan ser reemplazadas. Continúan pues funcionando, jadeantes, pasadas de moda y a veces contraproducentemente, pero son una consecuencia necesaria de nuestra evolución.

En la ciudad de Nueva York la disposición de muchas de las calles importantes data del siglo diecisiete, la bolsa del siglo dieciocho, las conducciones de agua del diecinueve, la red de energía eléctrica del veinte. La disposición podría ser más eficiente si todos los servicios cívicos estuvieran construidos en

paralelo y fueran sustituidos periódicamente (por este motivo los incendios desastrosos las grandes conflagraciones de Londres y de Chicago por ejemplo a veces constituyen una ayuda para la planificación urbana). Pero la lenta acumulación de nuevas funciones permite que la ciudad funcione de modo más o menos continuo a lo largo de los siglos. En el siglo diecisiete se pasaba con transbordador de Brooklyn a Manhattan a través del río Este. En el siglo diecinueve se dispuso de la tecnología necesaria para construir un puente colgante sobre el río. Se construyó precisamente donde había la terminal del transbordador, porque la ciudad era propietaria del terreno y porque había ya rutas urbanas principales que convergían sobre el servicio preexistente de transbordador. Más tarde, cuando fue posible construir un túnel debajo del río, también se construyó en el mismo lugar por idénticos motivos, y también porque durante la construcción del puente se habían instalado pequeños precursores de túneles, luego abandonados, los llamados *caissons*. Este aprovechamiento y reestructuración de sistemas previos para nuestros objetivos se parece mucho al sistema seguido por la evolución biológica.

Cuando nuestros genes no pudieron almacenar toda la información necesaria para la supervivencia, inventamos lentamente los cerebros. Pero luego llegó el momento, hace quizás diez mil años, en el que necesitamos saber más de lo que podía contener adecuadamente un cerebro. De este modo aprendimos a acumular enormes cantidades de información fuera de nuestros cuerpos. Según creemos somos la única especie del planeta que ha inventado una memoria comunal que no está almacenada ni en nuestros genes ni en nuestros cerebros. El almacén de esta memoria se llama biblioteca.

Un libro se hace a partir de un árbol. Es un con ' junto de partes planas y flexibles (llamadas todavía hojas ) impresas con signos de pigmentación oscura. Basta echarle un vistazo para oír la voz de otra persona que quizás murió hace miles de años. El autor habla a través de los milenios de modo claro y silencioso, dentro de nuestra cabeza, directamente a nosotros. La escritura es quizás el mayor de los inventos humanos, un invento que une personas, ciudadanos de épocas distantes, que nunca se conocieron entre sí. Los libros rompen las ataduras del tiempo, y demuestran que el hombre puede hacer cosas mágicas.

Algunos de los primeros autores escribieron sobre barro. La escritura euneiforme, el antepasado remoto del alfabeto occidental, se inventó en el Oriente próximo hace unos 5 000 años. Su objetivo era registrar datos: la compra de grano, la venta de terrenos, los triunfos del rey, los estatutos de los sacerdotes, las posiciones de las estrellas, las plegarias a los dioses. Durante miles de años, la escritura se grabó con cincel sobre barro y piedra, se rascó sobre cera, corteza o cuero, se pintó sobre bambú o papiro o seda; pero siempre una copia a la vez y, a excepción de las inscripciones en monumentos, siempre para un público muy reducido. Luego, en China, entre los siglos segundo y sexto se inventó el papel, la tinta y la impresión con bloques tallados de madera, lo que permitía hacer muchas copias de una obra y distribuirla. Para que la idea arraigara en una Europa remota y atrasada se necesitaron mil años. Luego, de repente, se imprimieron libros por todo el mundo. Poco antes de la invención del tipo móvil, hacia 1450 no había más de unas cuantas docenas de miles de libros en toda Europa, todos escritos a mano; tantos como en China en el año 1 00 a. de C., y una décima parte de los existentes en la gran Biblioteca de Alejandría. Cincuenta años después, hacia 1500, había diez millones de libros impresos. La cultura se había hecho accesible a cualquier persona que pudiese leer. La magia estaba por todas partes.

Más recientemente los libros se han impreso en ediciones masivas y económicas, sobre todo los libros en rústica. Por el precio de una cena modesta uno puede meditar sobre la decadencia y la caída del Imperio romano, sobre el origen de las especies, la interpretación de los sueños, la naturaleza de las cosas. Los libros son como semillas. Pueden estar siglos aletargados y luego florecer en el suelo menos prometedor.

Las grandes bibliotecas del mundo contienen millones de volúmenes, el equivalente a unos 10<sup>14</sup> bits de información en palabras, y quizás a 10<sup>11</sup> en imágenes. Esto equivale a diez mil veces más información que la de nuestros



genes, y unas diez veces más que la de nuestro cerebro. Si acabo un libro por semana sólo leeré unos pocos miles de libros en toda mi vida, una décima de un uno por ciento del contenido de las mayores bibliotecas de nuestra época. El truco consiste en saber qué libros hay que leer. La información en los libros no está preprogramada en el nacimiento, sino que cambia constantemente, está enmendada por los acontecimientos, adaptada al mundo. Han pasado ya veintitrés siglos desde la fundación de la Biblioteca alejandrina. Si no hubiese libros, ni documentos escritos, pensemos qué prodigioso intervalo de tiempo serían veintitrés siglos. Con cuatro generaciones por siglo, veintitrés siglos ocupan casi un centenar de generaciones de seres humanos. Si la información se pudiese transmitir únicamente de palabra, de boca en boca, qué poco sabríamos sobre nuestro pasado, qué lento sería nuestro progreso. Todo dependería de los descubrimientos antiguos que hubiesen llegado accidentalmente a nuestros oídos, y de lo exacto que fuese el relato. Podría reverenciarse la información del pasado, pero en sucesivas transmisiones se iría haciendo cada vez más confusa y al final se perdería. Los libros nos permiten viajar a través del tiempo, explotar la sabiduría de nuestros antepasados. La biblioteca nos conecta con las intuiciones y los conocimientos extraídos penosamente de la naturaleza, de las mayores mentes que hubo jamás, con los mejores maestros, escogidos por todo el planeta y por la totalidad de nuestra historia, a fin de que nos instruyan sin cansarse, y de que nos inspiren para que hagamos nuestra propia contribución al conocimiento colectivo de la especie humana. Las bibliotecas públicas dependen de las contribuciones voluntarias. Creo que la salud de nuestra civilización, nuestro reconocimiento real de la base que sostiene nuestra cultura y nuestra preocupación por el futuro, se pueden poner a prueba por el apoyo que prestemos a nuestras bibliotecas.

Si la Tierra iniciara de nuevo su carrera con todos sus rasgos físicos repetidos, es muy improbable que volviera a emerger algo parecido a un ser humano. El proceso evolutivo se caracteriza por una poderosa aleatoriedad. El choque de un rayo cósmico con un gene diferente, la producción de una mutación distinta, puede tener consecuencias pequeñas de entrada, pero consecuencias profundas más tarde. La casualidad puede jugar un papel poderoso en biología, como lo hace en historia. Cuanto más atrás ocurran los acontecimientos críticos, más poderosa puede ser su influencia sobre el presente.

Consideremos por ejemplo nuestras manos. Todos tenemos cinco dedos, incluyendo un pulgar oponible. Nos van muy bien. Pero creo que nos irían igual de bien con seis dedos incluyendo un pulgar, o con cuatro dedos incluyendo un pulgar, o quizás con cinco dedos y dos pulgares. No hay nada intrínsecamente superior en nuestra configuración particular de dedos, que consideramos normalmente como algo natural e inevitable. Tenemos cinco dedos porque descendemos de un pez del devónico que tenía cinco falanges o huesos en sus aletas. Si hubiésemos descendido de un pez con cuatro o seis falanges, tendríamos cuatro o seis dedos en cada mano y lo consideraríamos perfectamente natural. Utilizamos una aritmética de base diez únicamente porque tenemos diez dedos en nuestras manos. 4 Si la disposición hubiese sido

distinta, utilizaríamos base ocho o base doce para la aritmética y relegaríamos la base diez a las nuevas matemáticas. Creo que lo mismo es válido para aspectos más esenciales de nuestro ser: nuestro material hereditario, nuestra bioquímica interna, nuestra forma, estatura, sistemas de órganos, amores y odios, pasiones y desesperaciones, ternuras y agresión, incluso nuestros procesos analíticos: todos los cuales son, por lo menos en parte, el resultado de accidentes aparentemente menores en nuestra historia evolutiva irunensamente larga. Quizás si una libélula menos se hubiese ahogado en los pantanos del carbonífero, los organismos inteligentes de nuestro planeta tendrían hoy en día plumas y enseñarían a sus jóvenes en nidadas de grajas. La estructura de la causalidad evolutiva es un tejido de una complejidad asombrosa; nuestra comprensión es tan incompleta que nos hace humildes.

Hace exactamente sesenta y cinco millones de años nuestros antepasados eran los mamíferos menos atractivos de todos: seres con el tamaño y la inteligencia de topos o musarañas arbóreas. Se hubiese precisado un biólogo muy audaz para imaginar que estos animales llegarían eventualmente a producir un linaje que dominaría actualmente la Tierra. La Tierra estaba llena entonces de lagartos de pesadilla; terribles, los dinosaurios, seres de irunenso éxito que llenaban virtualmente todos los nichos ecológicos. Había reptiles que nadaban, reptiles que volaban y reptiles algunos con la estatura de un edificio de seis pisos que tronaban sobre la faz de la Tierra. Algunos tenían cerebros bastante grandes, una postura erecta y dos pequeñas piernas frontales bastante parecidas a manos que utilizaban para cazar mamíferos pequeños y rápidos probablemente entre ellos a nuestros distantes antepasados para hacer una cena con ellos. Si estos dinosaurios hubiesen sobrevivido, quizás la especie inteligente dominante hoy en día en nuestro planeta tendría cuatro metros de altura con piel verde y dientes aguzados, y la forma humana se consideraría una fantasía pintoresca en la ciencia ficción de los saurios. Pero los dinosaurios no sobrevivieron. Todos ellos y muchas de las demás especies de la Tierra, quizás la mayoría, quedaron destruidos en un acontecimiento catastrófico. 1 Pero no las musarañas arbóreas. No los mamíferos. Ellos sobrevivieron.

Nadie sabe qué barrió a los dinosaurios. Una idea evocadora propone que fue una catástrofe cósmica, la explosión de una supemova cercana, una supemova como la que produjo la Nebulosa Cangrejo. Si hubiese habido por casualidad una supernova a diez o veinte años luz del sistema solar hace unos sesenta y cinco millones de años, habría esparcido por el espacio un flujo intenso de rayos cósmicos, y algunos de estos rayos habrían penetrado la envoltura aérea de la Tierra y habrían quemado el nitrógeno de la atmósfera. Los óxidos de nitrógeno generados así habrían eliminado la capa protectora de ozono de la atmósfera, incrementando el flujo de radiación solar ultravioleta en la superficie y friendo y mutando la gran cantidad de organismos imperfectamente protegidos contra una luz ultravioleta intensa. Algunos de estos organismos pueden haber sido elementos básicos de la dieta de los dinosaurios.

Sea cual fuere, el desastre que eliminó a los dinosaurios del escenario mundial eliminó también la presión sobre los mamíferos. Nuestros antepasados ya no

tuvieron que vivir a la sombra de reptiles voraces. Nos diversificamos de modo exuberante y florecimos. Hace veinte millones de años nuestros antepasados inmediatos probablemente todavía vivían en los árboles. Más tarde se bajaron porque los bosques retrocedieron durante una gran era glacial y fueron sustituidos por sabanas herbosas. No es muy bueno estar adaptado de modo perfecto a vivir en los árboles si quedan muy pocos árboles. Muchos primates arbóreos debieron desaparecer con los bosques. Unos cuantos se ganaron a duras penas la existencia en el suelo y sobrevivieron. Y una de estas líneas evolucionó y se convirtió en nosotros. Nadie sabe la causa de este cambio climático. Puede haber sido una pequeña variación de la luminosidad intrínseca del Sol o de la órbita de la Tierra; o erupciones volcánicas masivas que inyectaron polvo fino en la estratosfera, la cual reflejó entonces más luz solar al espacio y enfrió la Tierra. Puede haberse debido a cambios en la circulación general de los océanos. O quizás al paso del Sol a través de una nube de polvo galáctico. Sea cual fuere la causa, vemos de nuevo hasta qué punto está ligada nuestra existencia a acontecimientos astronómicos y geológicos casuales.

Después de bajar de los árboles, evolucionamos hasta una postura erecta; nuestras manos quedaron libres; poseíamos una visión binocular excelente; habíamos adquirido pues muchas de las condiciones previas para hacer herramientas. Ahora, poseer un cerebro grande y comunicar pensamientos complejos suponía una ventaja real. Es mejor ser listo que tonto si todo lo demás no varía. Los seres inteligentes pueden resolver mejor los problemas, vivir más tiempo y dejar más descendencia; hasta la invención de las armas nucleares la inteligencia ayudaba de modo poderoso a la supervivencia. En nuestra historia le tocó a una horda de pequeños mamíferos peludos que se ocultaba de los dinosaurios, que colonizó las cimas de los árboles y que luego se esparció por el suelo para domesticar el fuego, inventar la escritura, construir observatorios y lanzar vehículos espaciales. Si las cosas hubiesen sido algo distintas, podrían haber sido otros seres cuya inteligencia y habilidad manipuladora los habría llevado a logros comparables. Quizás los listos dinosaurios bípedos, o los mapaches o las nutrias o el calamar. Sería bonito saber hasta qué punto pueden ser diferentes otras inteligencias; por esto estudiamos las ballenas y los grandes simios. Podemos estudiar historia y antropología cultural para enterarnos un poco de qué tipo de civilizaciones distintas son posibles. Pero todos nosotros las ballenas, los simios, las personas estamos emparentados demasiado estrechamente. Mientras nuestros estudios se limiten a una o dos líneas evolutivas en un único planeta, continuaremos ignorando la gama y esplendor posibles de otras inteligencias y de otras civilizaciones.

En otro planeta, con una secuencia distinta de procesos aleatorios para conseguir una diversidad hereditaria y con un medio ambiente diferente para seleccionar combinaciones concretas de genes, las posibilidades de encontrar seres que sean físicamente muy semejantes a nosotros creo que son casi nulas. Las probabilidades de encontrar otra forma de inteligencia no lo son. Sus cerebros pueden muy bien haber evolucionado de dentro hacia fuera. Pueden

tener elementos de conexión análogos a nuestras neuronas. Pero las neuronas pueden ser muy diferentes; quizás superconductores que funcionan a temperaturas muy bajas en lugar de aparatos orgánicos que funcionan a temperatura ambiente, en cuyo caso su velocidad de pensamiento sería 1 01 veces superior a la nuestra. 0 quizás el equivalente de las neuronas en otros mundos no está en contacto físico directo, sino comunicándose por radio, de modo que un único ser inteligente podría estar distribuido entre muchos organismos diferentes, o incluso muchos planetas distintos, cada uno con una parte de la inteligencia total, cada uno contribuyendo por radio a una inteligencia mucho mayor que él MISMO. 6 Puede haber planetas en los que los seres inteligentes tengan unas  $10^{14}$  conexiones neurales como nosotros. Pero puede haber lugares donde el número sea  $10^{14}$  o  $10^{14}$ . Me pregunto qué pueden saber estos seres. Porque habitamos el mismo universo que ellos y por lo tanto tenemos que compartir información sustancial. Si pudiésemos entrar en contacto, en sus cerebros habría muchas cosas que serían de gran interés para nosotros. Pero lo contrario también es cierto. Creo que las inteligencias extraterrestres incluso seres que han evolucionado bastante más que nosotros estarán interesadas en nosotros, en lo que sabemos, en lo que pensamos, en la estructura de nuestros cerebros, en el curso de nuestra evolución, en nuestras perspectivas de futuro.

Si hay seres inteligentes en los planetas de estrellas bastante próximas, ¿es posible que sepan de nosotros? ¿Es posible que tengan alguna idea de la larga progresión evolutiva, desde los genes a los cerebros y a las bibliotecas, que ha ocurrido en el oscuro planeta Tierra? Si estos extraterrestres se quedan en casa, hay por lo menos dos maneras posibles para enterarse de nuestra existencia. Una sería escuchar con grandes radiotelescopios. Durante miles de millones de años habrían oído solamente una débil e intermitente estática de radio provocada por los relámpagos y los electrones y protones silbando atrapados dentro del campo magnético de la Tierra. Luego, hace menos de un siglo, las ondas de radio que salen de la Tierra se habrán vuelto más potentes, más intensas, menos parecidas a ruidos y más semejantes a señales. Los habitantes de la Tierra han descubierto al final la comunicación por radio. Hoy en día hay un vasto tráfico de comunicaciones internacionales por radio, televisión y radar. En algunas frecuencias de radio la Tierra se ha convertido con mucho en el objeto más brillante, la fuente de radio más potente del sistema solar, más brillante que Júpiter, más brillante que el Sol. Una civilización extraterrestre que siguiera la emisión de radio de la Tierra y recibiera estas señales no podría dejar de pensar que algo interesante está ocurriendo aquí en los últimos tiempos.

A medida que la Tierra gira, nuestros transmisores de radio más potentes barren lentamente el cielo. Un radioastrónomo en un planeta de otra estrella estaría en disposición de calcular la longitud del día en la Tierra a base de los tiempos de aparición y desaparición de nuestras señales. Algunas de nuestras fuentes más potentes son transmisores de radar; unos cuantos se utilizan para la astronomía de radar, para sondear con dedos de radio las superficies de los planetas cercanos. El tamaño del haz de radar proyectado contra el cielo es

mucho mayor que el tamaño de los planetas, y gran parte de la señal se va más lejos, fuera del sistema solar y hacia las profundidades del espacio interestelar, a disposición de cualquier receptor sensible que pueda estar a la escucha. La mayoría de las transmisiones de radar sirven objetivos militares; rastrean los cielos temiendo constantemente un lanzamiento masivo de misiles con cabezas nucleares, un augurio con quince minutos de adelanto del fin de la civilización humana. El contenido informativo de estos pulsos es negligible: una sucesión de formas numéricas sencillas codificadas en forma de bips.

En general la fuente más difundida y perceptible de transmisiones de radio procedentes de la Tierra son nuestros programas de televisión. Puesto que la Tierra gira, algunas emisoras de televisión aparecerán en un horizonte de la Tierra mientras las otras desaparecen por el otro. Habrá un revoltijo confuso de programas. Una civilización avanzada en un planeta de una estrella cercana podría incluso separarlos y ordenarlos. Los mensajes repetidos con mayor frecuencia serían las sintonías de las emisoras y los llamamientos en favor de la compra de detergentes, desodorantes, tabletas contra la jaqueca, automóviles y productos petrolíferos. Los mensajes más obvios serían los transmitidos simultáneamente por muchas emisoras en muchas zonas temporales: por ejemplo discursos en tiempos de crisis internacional por el presidente de los Estados Unidos o por el primer ministro de la Unión Soviética. Los contenidos obtusos de la televisión comercial y los integumentos de las crisis internacionales y de las guerras intestinas dentro de la familia humana son los mensajes principales sobre la vida en la Tierra que seleccionamos para emitir hacia el Cosmos. ¿Qué pueden pensar de nosotros?

Es imposible hacer regresar estos programas de televisión. No hay manera de enviar un mensaje más rápido que les dé alcance y revise la transmisión anterior. Nada puede ir a velocidad mayor que la de la luz. La transmisión en gran escala de programas de televisión en el planeta Tierra no se inició hasta fines de los años 1940. Por lo tanto hay un frente de onda esférico centrado en la Tierra que se expande a la velocidad de la luz que contiene a Howdy Doody, el discurso de las Damas del entonces vicepresidente Richard M. Nixon y las inquisiciones televisadas del senador Joseph McCarthy. Puesto que estas transmisiones se emitieron hace sólo unas décadas, están a sólo unas decenas de años luz de distancia de la Tierra. Si la civilización más próxima está más lejos todavía, podemos respirar tranquilos un rato. En todo caso confío que encuentren estos programas incomprensibles.

Las dos naves espaciales Voyager van camino de las estrellas. Llevan cada una un disco fonográfico de cobre con un cartucho, una aguja y en una cubierta de aluminio del disco instrucciones para su uso. Enviamos algo sobre nuestros genes, algo sobre nuestros cerebros, y algo sobre nuestras bibliotecas a otros seres que podrían estar surcando el mar del espacio interestelar. Pero no quisimos enviar primariamente información científica. Cualquier civilización capaz de interceptar al Voyager en las profundidades del espacio interestelar, con sus transmisores muertos hace mucho tiempo, sabrá mucha más ciencia que nosotros. Quisimos en cambio decir a todos estos seres algo sobre lo que

parece ser exclusivo de nosotros. Los intereses de la corteza cerebral y del sistema límbico están bien representados; el complejo R menos. Aunque los receptores quizás no sepan ninguno de los lenguajes de la Tierra, incluimos saludos en sesenta idiomas humanos, y además saludos de las ballenas yubartas. Enviamos fotografías de hombres de todas las partes del mundo que cuidan de sus semejantes, que aprenden, que fabrican herramientas y arte, y que se enfrentan con problemas. Hay una hora y media de música exquisita procedente de muchas culturas, música que expresa nuestra sensación de soledad cósmica, nuestro deseo de acabar con nuestro aislamiento, nuestras ansias de entrar en contacto con otros seres del Cosmos. Y hemos enviado grabaciones de los sonidos que se habrían oído en nuestro planeta desde los primeros días, antes del origen de la vida, hasta la evolución de la especie humana y de nuestra más reciente tecnología, en pleno crecimiento. Es, como los sonidos de cualquier ballena yubarta, una especie de canción de amor lanzada a la vastitud de las profundidades. Muchas partes de nuestro mensaje, quizás la mayoría, serán indescifrables. Pero lo hemos enviado porque era importante intentarlo.

De acuerdo con este espíritu incluimos en la nave espacial Voyager los pensamientos y sensaciones de una persona, la actividad eléctrica de su cerebro, corazón, ojos y músculos, que se grabaron durante una hora, se transcribieron en sonido, se comprimieron en el tiempo y se incorporaron al disco. En cierto sentido hemos lanzado al Cosmos una transcripción directa de los pensamientos y sensaciones de un ser humano en el mes de junio del año 1977 en el planeta Tierra. Quizás los receptores no sacarán nada de él, o pensarán que es una grabación de un pulsar, porque se parece a ella de un modo superficial. O quizás una civilización increíblemente más avanzada que nosotros será capaz de descifrar estos pensamientos y sensaciones grabadas y de apreciar nuestros esfuerzos por compartirnos con ellos.

La información de nuestros genes es muy vieja: la edad de gran parte de ella es de millones de años, algunas partes tienen miles de millones de años. En cambio la información de nuestros libros tiene como máximo unos miles de años de edad, y la de nuestros cerebros es de sólo unas décadas. La información de más larga vida no es la información característicamente humana. Debido a la erosión de la Tierra nuestros monumentos y artefactos no sobrevivirán, en el curso natural de los acontecimientos, hasta un futuro distante. Pero el disco Voyager está viajando hacia el exterior del sistema solar. La erosión en el espacio interestelar debida principalmente a rayos cósmicos y a los impactos de granos de polvo es tan lenta que la información en el disco durará mil millones de años. Los genes, los cerebros y los libros codifican la información de modo distinto y persisten a través del tiempo a un ritmo diferente. Pero la persistencia de la memoria de la especie humana será mucho más larga que los surcos metálicos impresos del disco interestelar Voyager.

El mensaje Voyager se desplaza a una lentitud desesperante. Es el objeto más rápido lanzado nunca por la especie humana, pero tardará decenas de miles de años en recorrer la distancia que nos separa de la estrella más próxima.

Cualquier programa de televisión atraviesa en horas la distancia que el Voyager ha cubierto en años. Una transmisión de televisión que acaba de estar ahora mismo en el aire, en unas cuantas horas dará alcance a la nave espacial Voyager en la región de Satumo, y más allá, y continuará su carrera hacia las estrellas. Si va en la correspondiente dirección alcanzará Alpha Centauri en algo más de cuatro años. Si dentro de unas décadas o de unos siglos alguien en el espacio exterior oye nuestras emisiones de televisión, espero que piense bien de nosotros, porque somos el producto de quince mil millones de años de evolución cósmica, la metamorfosis local de la materia en consciencia. Nuestra inteligencia nos ha dotado recientemente de poderes terribles. No está todavía claro que tengamos la sabiduría necesaria para evitar nuestra propia destrucción. Pero muchos, de nosotros están luchando duro por conseguirlo. Confiamos que muy pronto, en la perspectiva del tiempo cósmico, habremos unificado pacíficamente nuestro planeta con una organización que respete la vida de todo ser vivo que lo habita, y que esté dispuesta a dar el siguiente gran paso, convertirse en parte de una sociedad galáctica de civilizaciones en comunicación.

## Capítulo 12. Enciclopedia galáctica.

¿Tú qué eres? ¿De dónde viniste? Nunca vi nada semejante a ti. El Cuervo Creador miró al Hombre y... se sorprendió de que este extraño y nuevo ser fuera tan parecido a él.

Mito esquimal de la creación

El cielo ha sido fundado,  
La Tierra ha sido fundada,  
¿Quién ha de vivir ahora, oh dioses?

*Crónica azteca, La historia de los Reinos*

Sé que algunos dirán que soy demasiado atrevido con estas afirmaciones sobre los planetas, y que subimos allí a través de muchas probabilidades, y si por casualidad una de ellas es falsa y contraria a lo supuesto, arruinaría como un mal fundamento todo el edificio, y lo haría caer por los suelos. Pero... si suponemos, tal como hicimos, que la Tierra es uno de los planetas, de dignidad y honor igual al resto, ¿quién se atrevería a decir que no puede encontrarse en otro lugar nadie que disfrute del glorioso espectáculo de las obras de la naturaleza? ¿O que si hubiese otros espectadores que nos acompañan nosotros deberíamos ser los únicos que han entrado a fondo en sus secretos y su conocimiento?

**CHRISTIAAN HUYGENS, *Nuevas conjeturas referentes a los mundos planetarios, sus habitantes y sus producciones, hacia 1690***

El autor de la Naturaleza ha hecho imposible que en nuestro estado actual tengamos alguna comunicación desde esta tierra con los demás grandes cuerpos del universo; y es posible que haya cortado de igual modo toda comunicación entre los demás planetas, y entre los diferentes sistemas... Observamos en todos ellos cosas suficientes para provocar nuestra curiosidad, pero no para satisfacerla... No parece conforme con la sabiduría que resplandece a través de toda la naturaleza suponer que deberíamos ver tan lejos y que nuestra curiosidad debería ser excitada hasta tal punto... sólo para quedar defraudado al final... Esto nos conduce, pues, de modo natural a considerar nuestro estado actual sólo como el alba o inicio de nuestra existencia, como un estado de preparación o de examen para futuros avances...

**COLIN MACLAURIN, 1748**

No puede haber un lenguaje más universal y más simple, más libre de errores y de oscuridades... más digno de expresar las relaciones invariables de las cosas naturales [que las matemáticas]. Interpreta [todos los fenómenos] con el mismo lenguaje, como si quisiera atestiguar la unidad y simplicidad del plan del universo, y hacer aún más evidente este orden inalterable que preside Was las causas naturales.

**JOSEPH FOURIER, *Teo?ía analítica del color, 1822***

**HEMOS LANZADO CUATRO NAVES A LAS ESTRELLAS, los Pioneers 1 0 y 1 1 y los Voyagers 1 y 2. Son vehículos atrasados y primitivos que, comparados con las inmensas distancias interestelares, se mueven con la lentitud de una persecución de pesadilla. Pero en el futuro lo haremos mejor. Nuestras naves irán más rápidas. Se habrán estudiado objetivos interestelares, y más tarde o más temprano nuestras naves espaciales tendrán tripulaciones humanas. En la galaxia Vía Láctea debe haber muchos planetas millones de años más viejos que la Tierra, y algunos miles de millones de años más viejos. ¿Es posible que no nos hayan visitado? En todos los miles de millones de años que han pasado desde el origen de nuestro planeta, ¿no hubo nunca una nave forastera procedente de una civilización distante que estudiara nuestro mundo desde arriba, y que se posara lentamente en la superficie para que lo observaran libélulas iridiscentes, reptiles apáticos, primates chillones u hombres asombrados? La idea es muy natural. Se le ha ocurrido a cualquiera que se haya planteado, aunque sólo sea de paso, la cuestión de la vida inteligente en el universo. ¿Pero ha sucedido esto realmente? El tema crítico es la cualidad de las pruebas aportadas, que hay que escrutar de modo riguroso y escéptico, no lo que suena plausible, no el testimonio sin pruebas de uno o dos autoproclamados testigos. De acuerdo con estas normas no hay casos seguros de visitas extraterrestres, a pesar de todas las afirmaciones sobre ovnis y sobre antiguos astronautas que a veces hacen pensar que nuestro planeta está inundado de**



huéspedes no invitados. Yo desearía que no fuera así. Hay algo irresistible en el descubrimiento de una simple muestra, quizás de una compleja inscripción, y mucho mejor si contiene la clave para comprender una civilización extraña y exótica. Es una atracción que los hombres ya hemos sentido en otras ocasiones.

En 1801 un físico llamado Joseph Fourier era el prefecto de *un département* de Francia llamado Isère. Mientras inspeccionaba las escuelas de su provincia, Fourier descubrió a un chico de once años cuya notable inteligencia y perspicacia con las lenguas orientales le había ganado ya la atención admirada de los estudiosos. Fourier le invitó a casa para charlar un rato. El chico quedó fascinado por la colección que Fourier poseía de objetos egipcios, reunidos durante la expedición napoleónica en la que él se había encargado de catalogar los monumentos astronómicos de aquella antigua civilización. Las inscripciones jeroglíficas provocaron una sensación de maravilla en el chico. ¿Pero, qué significan? , preguntó. Nadie lo sabe , fue la respuesta. El nombre del chico era Jean Francois Champollion. Entusiasmado por el misterio del lenguaje que nadie podía leer, se convirtió en un magnífico lingüista y se sumergió apasionadamente en la antigua escritura egipcia. En aquella época, Francia estaba inundada de objetos egipcios, robados por Napoleón y puestos luego a disposición de los estudiosos occidentales. Se publicó la descripción de la expedición y el joven Champollion la devoró. Cuando Champollion era adulto triunfó al fin: se cumplieron sus ambiciones de niño y descifró de modo brillante los antiguos jeroglíficos egipcios. Pero hasta 1828, veintisiete años después de su entrevista con Fourier, Champollion no puede desembarcar en Egipto, el país de sus sueños. Allí navegó río arriba hasta El Cairo, siguiendo el curso del Nilo, y rindiendo homenaje a la cultura en cuyo desciframiento había trabajado tan duramente. Era una expedición en el tiempo, una visita a una civilización extraña:

Llegamos finalmente a Dendera en la tarde del 16. Había una luna magnífica y estábamos a sólo una hora de los Templos. ¿Podría resistir la tentación? Se lo pregunto al más frío de los mortales... Las órdenes del momento fueron cenar y partir inmediatamente: solos y sin gwas, pero armados hasta los dientes cruzamos los campos... al fin el Templo apareció ante nosotros... Se podía medir bien, pero era imposible dar una idea de su grandeza, que unía la gracia y la majestad en grado superlativo. Estuvimos allí dos horas en éxtasis, corriendo a través de las enormes salas... y tratando de leer las inscripciones exteriores a la luz de la luna. No regresamos al barco hasta las tres de la madrugada, para volver al Templo a las siete... Lo que había sido magnífico a la luz de la luna continuaba siéndolo cuando la luz del sol nos reveló todos sus detalles... En Europa no somos más que enanos y no hay nación antigua o moderna que haya concebido el arte de la arquitectura en un estilo tan sublime, grande e imponente como los antiguos egipcios. Lo ordenaron todo para que sirviera a personas de treinta metros de altura.

Champollion estaba encantado al ver que podía leer casi sin esfuerzo las inscripciones de las paredes y columnas de Karnak en Dendera y en todo Egipto. Muchos antes que él habían intentado sin conseguirlo descifrar los hermosos

jeroglíficos, palabra que significa esculturas sagradas . Algunos estudiosos creyeron que era una especie de código de figuras, rico en metáforas turbias, la mayoría sobre ojos y líneas onduladas, escarabajos, abejorros y pájaros, especialmente pájaros. Dominaba la confusión. Hubo quienes deducían que los egipcios eran colonos del antiguo Egipto. Otros llegaron a la conclusión opuesta. Se publicaron enormes volúmenes en folio de traducciones espúreas. Un intérprete echó una ojeada a la piedra de Rosetta, cuya inscripción jeroglífica todavía no se había descifrado, y anunció instantáneamente su significado. Dijo que el rápido desciframiento le permitía evitar los errores sistemáticos que produce invariablemente la reflexión prolongada . Dijo que se conseguían mejores resultados si no se pensaba demasiado. Como sucede actualmente con la búsqueda de vida extraterrestre, la especulación sin freno de los aficionados había ahuyentado del campo a muchos profesionales.

Champollion se opuso a la idea de que los jeroglíficos fueran simples metáforas pictóricas. En lugar de esto, y ayudado por una idea brillante del físico inglés Thomas Young, procedió del modo siguiente: La piedra de Rosetta había sido descubierta en 1799 por un soldado francés que trabajaba en las fortificaciones de la ciudad de Rashid situada en el Delta del Nilo, ciudad que los europeos, que en general ignoraban el árabe, llamaron Rosetta. Era una losa de un templo antiguo que contenía un mensaje que parecía idéntico en tres escrituras diferentes: conjeroglíficos en la parte superior, con una especie de jeroglífico en cursiva llamado demótico en medio, y como clave del conjunto, en griego en la parte inferior. Champollion, que dominaba el griego antiguo, leyó' que la piedra había recibido aquella inscripción para conmemorar la coronación de Tolomeo V Epifanes, en la primavera del año 196 a. de C. En aquella ocasión el rey dejó en libertad a presos políticos, rebajó impuestos, hizo donaciones a los templos, perdonó a rebeldes, mejoró la preparación militar y en definitiva hizo todo lo que harían los gobernantes modernos cuando tienen intención de permanecer en su cargo.

El texto griego menciona Tolomeo muchas veces. Aproximadamente en los mismos puntos del texto jeroglífico hay un conjunto de símbolos rodeados por un oval o cartucho. Champollion razonó que aquello muy probablemente denotaba también a Tolomeo. Si eso era cierto, la escritura no podía ser fundamentalmente pictográfica o metafórico, sino que la mayoría de los símbolos tenían que corresponder a letras o sílabas. Champollion tuvo también la presencia de ánimo de contar el número de palabras griegas y el número de jeroglíficos individuales en los supuestos textos equivalentes. Los primeros eran mucho menos numerosos, lo cual sugería que los jeroglíficos eran principalmente letras y sílabas. Pero ¿qué jeroglíficos correspondían a qué letras? Por fortuna Champollion disponía de un obelisco excavado en File, que incluía el jeroglífico equivalente al nombre griego de Cleopatra. Los dos cartuchos de Tolomeo y Cleopatra reordenados para poderlos leer de izquierda a derecha aparecen en la página 296. Tolomeo empieza con P en griego (Ptolemaios); el primer símbolo del cartucho es un cuadrado. Cleopatra tiene una P como quinta letra, y en el cartucho de Cleopatra hay el mismo cuadrado en

la quinta posición. Se trata de una P. La cuarta letra de Tolomeo es una L ¿está representada por el león? La segunda letra de Cleopatra es una L, y en el jeroglífico vuelve a parecer un león. La águila es una A, que aparece dos veces en Cleopatra, como era de esperar. Se está perfilando un sistema claro. Una parte significativa de los jeroglíficos egipcios son un simple código de sustitución. Pero no todo jeroglífico es una letra o una sílaba. Algunos son pictogramas. El final del cartucho de Tolomeo significa Viviente para siempre, amado del dios Ptah . El semicírculo y el huevo al final de Cleopatra es un ideograma convencional que significa hija de Isis . La mezcla de letras y de pictogramas causó algunos problemas a los primeros intérpretes.

Visto retrospectivamente parece casi fácil. Pero tuvieron que pasar muchos siglos para descubrirlo, y quedaba mucho trabajo por hacer, especialmente para descifrar los jeroglíficos de épocas muy anteriores. Los cartuchos eran la clave dentro de la clave, como si los faraones de Egipto hubiesen rodeado con una línea sus propios nombres para facilitar la tarea a los egiptólogos de dos mil años más tarde. Champollion se paseó por la Sala hipóstila de Kamak leyendo tranquilamente las inscripciones que habían intrigado a todo el mundo, respondiendo él mismo a la pregunta que de niño había hecho a Fourier. ¡Qué placer debió causar abrir este canal unilateral de comunicación con otra civilización, permitir que una cultura muda durante milenios hablara de su historia, magia, medicina, religión, política y filosofía!

Hoy en día estamos buscando mensajes de una civilización antigua y exótica, escondida de nosotros no sólo en el tiempo, sino también en el espacio. Si llegáramos a recibir un mensaje de radio de una civilización extraterrestre, ¿Cómo podríamos comprenderlo? Esta inteligencia extraterrestre será elegante, compleja, íntimamente coherente y absolutamente extraña. Como es lógico los extraterrestres desearán enviarnos un mensaje lo más comprensible posible. Pero, ¿cómo se consigue esto? ¿Hay algo comparable a una piedra de Rosetta interestelar? Creemos que sí existe. Creemos que hay un lenguaje común que han de tener las civilizaciones técnicas, por diferentes que sean. Este lenguaje común es la ciencia y las matemáticas. Las leyes de la naturaleza son idénticas en todas partes. Las formas de los espectros de estrellas y galaxias lejanas son las mismas que las del Sol o las de experimentos adecuados de laboratorio: no sólo existen los mismos elementos químicos en todas partes del universo, sino que las mismas leyes de la mecánica cuántica que gobiernan la absorción y emisión de radiación por los átomos son válidas en todas partes. Las galaxias distantes que giran una alrededor de la otra siguen las mismas leyes de la física gravitatoria que gobiernan el movimiento de la caída de una manzana en la Tierra, o la ruta del Voyager hacia las estrellas. Las estructuras de la naturaleza son las mismas en todas partes. Un mensaje interestelar destinado a que lo comprenda una civilización emergente debería ser fácil de descifrar.

No esperamos encontrar una civilización técnica avanzada en ningún otro planeta de nuestro sistema solar. Si estuviera atrasada sólo un poco con relación a nosotros por ejemplo 10 000 años no dispondría de ningún tipo de tecnología

avanzada; si estuviera un poco más avanzada que nosotros que estamos explorando ya el sistema solar sus representantes deberían estar ya entre nosotros. Para comunicar con otras civilizaciones necesitamos un método que no sólo sea adecuado para distancias interplanetarias, sino también para distancias interestelares. Lo ideal sería que el método fuese económico, para poder enviar a coste muy bajo enormes cantidades de información; rápido, para hacer posible un diálogo interestelar; y obvio, de modo que cualquier civilización tecnológica, sea cual fuere su camino evolutivo, lo descubra pronto. Es sorprendente, pero este método existe. Se llama radioastronomía.

El mayor observatorio semiorientable de radio/radar del planeta Tierra es la instalación de Arecibo, que la Universidad de Cornell opera para la Fundación Nacional de Ciencia. Está situado en el remoto interior de la isla de Puerto Rico y tiene un diámetro de 305 metros, siendo su superficie reflectante una sección de una esfera aplicada a un valle preexistente en forma de olla. Recibe las ondas de radio de las profundidades del espacio y las enfoca en la antena de alimentación situada muy por encima del disco, que a su vez está conectada electrónicamente con la sala de control, donde la señal es analizada. A su vez, cuando el telescopio se utiliza como transmisor de radar, el brazo de alimentación puede emitir una señal hacia el disco, que la refleja al espacio. El observatorio de Arecibo se ha utilizado para la búsqueda de señales inteligentes procedentes de civilizaciones del espacio y en una sola ocasión para transmitir un mensaje a M13, un cúmulo globular distante de estrellas, y dejar claro, al menos para nosotros, que disponemos de capacidad técnica para participar en los dos extremos de un diálogo interestelar.

El observatorio de Arecibo podría transmitir en un período de pocas semanas a un observatorio comparable de un planeta de una estrella próxima toda la *Encyclopaedia Britannica*. Las ondas de radio se desplazan a la velocidad de la luz, 1 000 veces más rápido que un mensaje incluido en nuestra nave espacial más veloz. Los radiotelescopios generan en gamas estrechas de onda señales tan intensas que pueden detectarse a distancias interestelares inmensas. El observatorio de Arecibo podría comunicarse con un radiotelescopio idéntico situado en un planeta a 15 000 años luz de distancia, a medio camino del centro de la galaxia Vía Láctea, si supiéramos exactamente hacia dónde dirigirlo. Y la radioastronomía es una tecnología natural. Prácticamente toda atmósfera planetario, sea cual fuere su composición, tendría que ser parcialmente transparente a las ondas de radio. Los mensajes de radio no sufren mucha absorción o dispersión por el gas situado entre las estrellas, del mismo modo que una emisora de radio de San Francisco puede oírse fácilmente en Los Angeles aunque la contaminación haya reducido allí la visibilidad en las longitudes de onda ópticas a unos pocos kilómetros. Hay muchas fuentes cósmicas de radio que son naturales y que no tienen ninguna relación con vida inteligente: pulsars y quasars, los cinturones de radiación de los planetas y las atmósferas exteriores de las estrellas; en las primeras fases del desarrollo local de la radioastronomía hay fuentes brillantes de radio a descubrir en casi cada planeta. Además la radio representa una fracción importante del espectro

electromagnético. Cualquier tecnología capaz de detectar radiaciones de *cualquier* longitud de onda tendría que descubrir con bastante rapidez la parte de radio del espectro.

Puede haber otros métodos efectivos de comunicación que tengan méritos importantes: las naves interestelares, los lasers ópticos o infrarrojos, los neutrinos pulsados, las ondas de gravedad moduladas, o algún otro tipo de transmisión que no descubriremos ni en mil años. Las civilizaciones avanzadas pueden haberse graduado mucho más allá de la radio en sus propias comunicaciones. Pero la radio es potente, barata, rápida y sencilla. Sabrán que una civilización atrasada como la nuestra que desea recibir mensajes de los cielos es probable que recurra primero a la tecnología de radio. Quizás tendrán que sacar con ruedas los radiotelescopios de su Museo de Tecnología Antigua. Si tuviéramos que recibir un mensaje de radio, por lo menos tendríamos algo de qué hablar: de radioastronomía.

Pero, ¿hay alguien ahí fuera con quien hablar? ¿Es posible, habiendo una tercera parte o una mitad de un billón de estrellas en nuestra galaxia Vía Láctea, que la nuestra sea la única acompañada por un planeta habitado? Es mucho más probable que las civilizaciones técnicas sean una trivialidad, que la galaxia esté pulsando y vibrando con sociedades avanzadas, y por lo tanto que no esté muy lejos la cultura de este tipo más próxima: quizás esté transmitiendo con antenas instaladas en un planeta de una estrella visible a simple vista, en la casa de al lado. Quizás cuando miramos el cielo nocturno, cerca de uno de esos débiles puntos de luz hay un mundo en el cual alguien muy distinto de nosotros esté contemplando distraídamente una estrella que *nosotros llamamos Sol* y acariciando, sólo por un momento, una insultante especulación.

Es muy difícil estar seguros. Puede haber impedimentos graves en la evolución de una civilización técnica. Los planetas pueden ser más raros de lo que pensamos. Quizás el origen de la vida no es tan fácil como sugieren nuestros experimentos de laboratorio. Quizás la evolución de formas avanzadas de vida sea improbable. O quizás las formas de vida compleja evolucionan fácilmente pero la inteligencia y las sociedades técnicas requieren un conjunto improbable de coincidencias: del mismo modo que la evolución de la especie humana dependió del fallecimiento de los dinosaurios y de la recesión de los bosques en la era glacial; de aquellos árboles sobre los cuales nuestros antepasados se rascaban y se sorprendían vagamente de algo. O quizás las civilizaciones nacen de modo repetido e inexorable, en innumerables planetas de la Vía Láctea, pero son en general inestables; de modo que sólo una pequeña fracción consigue sobrevivir a su tecnología y la mayoría sucumben a la codicia y a la ignorancia, a la contaminación y a la guerra nuclear.

Es posible continuar explorando este gran tema y hacer una estimación basta de  $N$ , el número de civilizaciones técnicas avanzadas en la Galaxia. Definimos una civilización avanzada como una civilización capaz de tener radioastronomía. Se trata desde luego de una definición de campanario, aunque esencial. Puede haber innumerables mundos en los que los habitantes sean perfectos lingüistas o magníficos poetas pero radioastrónomos indiferentes. No oiremos nada de

ellos.  $N$  puede escribirse como el producto o multiplicación de unos cuantos factores, cada uno de los cuales es un filtro y, por otro lado, cada uno ha de tener un cierto tamaño para que haya un número grande de civilizaciones:

$N^*$ , número de estrellas en la galaxia Vía Láctea;

$f_p$ , fracción de estrellas que tienen sistemas planetarios,

$n_{,,}$  número de planetas en un sistema dado que son ecológicamente adecuados para la vida,

$f_{,,}$  fracción de planetas adecuados de por sí en los que la vida nace realmente,

$f_i$ , fracción de planetas habitados en los que una forma inteligente de vida evoluciona,

$f_{e,,}$  fracción de planetas habitados por seres inteligentes en los que se desarrolla una civilización técnica comunicativa; y  $f_L$ , fracción de una vida planetario agraciada con una civilización técnica.

Esta ecuación escrita se lee  $N = N^* f_p n_{,,} f_{,,} f_i f_L$ . Todas las  $f$ es son fracciones que tienen valores entre 0 y 1; e irán reduciendo el valor elevado de  $N^*$ .

Para derivar  $N$  hemos de estimar cada una de estas cantidades. Conocemos bastantes cosas sobre los primeros factores de la ecuación, el número de estrellas y de sistemas planetarios. Sabemos muy poco sobre los factores posteriores relativos a la evolución de la inteligencia o a la duración de la vida de las sociedades técnicas. En estos casos nuestras estimaciones serán poco más que suposiciones. Os invito, si estáis en desacuerdo con las estimaciones que doy, a proponer vuestras propias cifras y ver cómo afectan al número de civilizaciones avanzadas de la Galaxia. Una de las grandes virtudes de esta ecuación, debida originalmente a Frank Drake, de Comell, es que incluye temas que van desde la astronomía estelar y planetario hasta la química orgánica, la biología evolutiva, la historia, la política y la psicología anormal. La ecuación de Drake abarca por sí sola gran parte del Cosmos.

Conocemos  $N^*$ , el número de estrellas en la galaxia Vía Láctea, bastante bien, por recuentos cuidadosos de estrellas en regiones del cielo, pequeñas pero representativas. Es de unos cuantos centenares de miles de millones; algunas estimaciones recientes lo sitúan en  $4 \times 10^{11}$ . Muy pocas de estas estrellas son del tipo de gran masa y corta vida que despilfarran sus reservas de combustible nuclear. La gran mayoría tienen vidas de miles de millones de años o más durante los cuales brillan de modo estable proporcionando una fuente de energía adecuada para el origen y evolución de la vida de planetas cercanos.

Hay pruebas de que los planetas son un acompañamiento frecuente de la formación de estrellas. Tenemos los sistemas de satélites de Júpiter, Saturno y Urano, que son como sistemas solares en miniatura; las teorías del origen de los planetas; los estudios de estrellas dobles; las observaciones de los discos de acreción alrededor de estrellas, y algunas investigaciones preliminares de las perturbaciones gravitatorias de estrellas cercanas. Muchas estrellas, quizás la mayoría, pueden tener planetas. Consideramos que la fracción de estrellas que tienen planetas, es aproximadamente de  $1/3$ . Entonces el número total de sistemas planetarios en la galaxia sería  $N^* f_p \approx 1,3 \times 10^{11}$  (el símbolo  $\approx$  significa aproximadamente igual a ). Si cada sistema tuviera diez planetas, como el

nuestro, el número total de mundos en la Galaxia sería de más de un billón, un vasto escenario para el drama cósmico.

En nuestro propio sistema solar hay varios cuerpos que pueden ser adecuados para algún tipo de vida: la Tierra seguro, y quizás Marte, Titán y Júpiter. Una vez la vida nace, tiende a ser muy adaptable y tenaz. Tiene que haber muchos ambientes diferentes adecuados para la vida en un sistema planetario dado. Pero escojamos de modo conservador  $n = 2$ . Entonces el número de planetas en la Galaxia adecuados para la vida resulta

$N = 3 \times 10^{11}$ .

Los experimentos demuestran que la base molecular de la vida, los bloques constructivos de moléculas capaces de hacer copias de sí mismas, se constituye de modo fácil en las condiciones cósmicas más corrientes. Ahora pisamos un terreno menos seguro; puede haber por ejemplo impedimentos en la evolución del código genético, aunque yo creo que esto es improbable después de miles de millones de años de química primigenia. Escogemos  $f_1 = 1/3$ , implicando con esto que el número total de planetas en la Vía Láctea en los cuales la vida ha hecho su aparición por lo menos una vez es  $N \cdot f_1 = 1 \times 10^{11}$ , un centenar de miles de millones de mundos habitados. Esta conclusión es de por sí notable. Pero todavía no hemos acabado.

La elección de  $f_1$  y de  $f_2$ , es más difícil. Por una parte tuvieron que darse muchos pasos individualmente improbables en la evolución biológica y en la historia humana para que se desarrollara nuestra inteligencia y tecnología actuales. Por otra parte tiene que haber muchos caminos muy diferentes que desemboquen en una civilización avanzada de capacidades específicas. Tengamos en cuenta la dificultad aparente que para la evolución de grandes organismos supone la explosión del cámbrico, y escojamos  $f_2 = 1/100$ ; es decir que sólo un uno por ciento de los planetas en los cuales nace la vida llegan a producir una civilización técnica. Esta estimación representa un punto medio entre opiniones científicas opuestas. Algunos piensan que el proceso equivalente al que va de la emergencia de los trilobites a la domesticación del fuego se da de modo fulminante en todos los sistemas planetarios; otros piensan que aunque se disponga de diez o de quince mil millones de años, la evolución de civilizaciones técnicas es improbable. Se trata de un tema que no permite muchos experimentos mientras nuestras investigaciones estén limitadas a un único planeta. Multiplicando todos estos factores obtenemos  $N \cdot f_1 \cdot f_2 = 1 \times 10^9$ , mil millones de planetas donde han aparecido por lo menos una vez civilizaciones técnicas. Pero esto es muy distinto a afirmar que hay mil millones de planetas en los que ahora existe una civilización técnica. Para ello tenemos que estimar también  $f_L$ .

¿Qué porcentaje de la vida de un planeta está marcado por una civilización técnica? La Tierra ha albergado una civilización técnica caracterizada por la radioastronomía desde hace sólo unas décadas, y su vida total es de unos cuantos miles de millones de años. Por lo tanto, si nos limitamos a nuestro planeta  $f_L$  por ahora inferior a  $1/10^4$ , una millonésima de uno por ciento. No está excluido en absoluto que nos destruyamos mañana mismo. Supongamos

que éste fuera un caso típico, y la destrucción tan completa que ninguna civilización técnica más o de la especie humana o de otra especie cualquiera fuera capaz de emerger en los cinco mil millones de años más o menos que quedan antes de que el Sol muera. Entonces  $N \approx 10^6$  y en cualquier momento dado sólo habría una reducida cantidad, un puñado, una miseria de civilizaciones técnicas en la Galaxia, y su número se mantendría continuamente a medida que las sociedades emergentes sustituirían a las que acababan de autoinmolarse. El número  $N$  podría incluso ser de sólo 1. Si las civilizaciones tienden a destruirse poco después de alcanzar la fase tecnológica, quizás no haya nadie con quien podamos hablar aparte de nosotros mismos, y esto no lo hacemos de modo muy brillante. Las civilizaciones tardarían en nacer miles de millones de años de tortuosa evolución, y luego se volatilizarían en un instante de imperdonable negligencia.

Pero consideremos la alternativa, la perspectiva de que por lo menos algunas civilizaciones aprendan a vivir con una alta tecnología; que las contradicciones planteadas por los caprichos de la pasada evolución cerebral se resuelvan de modo consciente y no conduzcan a la autodestrucción; o que, aunque se produzcan perturbaciones importantes, queden invertidas en los miles de millones de años siguientes de evolución biológica. Estas sociedades podrían vivir hasta alcanzar una próspera vejez, con unas vidas que se medirían quizás en escalas temporales evolutivas de tipo geológico o estelar. Si el uno por ciento de las civilizaciones pueden sobrevivir a su adolescencia tecnológica, escoger la ramificación adecuada en este punto histórico crítico y conseguir la madurez, entonces  $N \approx 10^6$ ,  $N \approx 10^7$ , y el número de civilizaciones existentes en la Galaxia es de millones. Por lo tanto, si bien nos preocupa la posible falta de confianza en la estimación de los primeros factores de la ecuación de Drake, que dependen de la astronomía, la química orgánica y la biología evolutiva, la principal incertidumbre afecta a la economía y la política y lo que en la Tierra denominamos naturaleza humana. Parece bastante claro que si la autodestrucción no es el destino predominante de las civilizaciones galácticas, el cielo está vibrando suavemente con mensajes de las estrellas.

Estas estimaciones son excitantes. Sugieren que la recepción de un mensaje del espacio es, incluso sin descifrarlo, un signo profundamente esperanzador. Significa que alguien ha aprendido a vivir con la alta tecnología; que es posible sobrevivir a la adolescencia tecnológica. Esta razón, con toda independencia del contenido del mensaje, proporciona por sí sólo una poderosa justificación para la búsqueda de otras civilizaciones.

Si hay millones de civilizaciones distribuidas de modo más o menos casual a través de la Galaxia, la distancia a la más próxima es de unos doscientos años luz. Incluso a la velocidad de la luz un mensaje de radio tardaría dos siglos en llegar desde allí. Si hubiésemos iniciado nosotros el diálogo, sería como si Johannes Kepler hubiese preguntado algo y nosotros recibieramos ahora la respuesta. Es más lógico que escuchemos en lugar de enviar mensajes, sobre todo porque, al ser novicios en radioastronomía, tenemos que estar



relativamente atrasados y la civilización transmisora avanzada. Como es lógico, si una civilización estuviera más avanzada, las posiciones se invertirían.

Estamos en las primeras fases de la búsqueda por radio de otras civilizaciones en el espacio. En una fotografía óptica de un campo denso de estrellas, hay centenares de miles de estrellas. Si nos basamos en nuestras estimaciones más optimistas, una de ellas es sede de una civilización avanzada. Pero ¿cuál? ¿Hacia qué estrella tenemos que apuntar nuestros radiotelescopios? Hasta ahora, de los millones de estrellas que pueden señalar la localización de civilizaciones avanzadas, sólo hemos examinado por radio unos pocos millares. Hemos llevado a cabo una décima parte de un uno por ciento del esfuerzo necesario. Pero una investigación seria, rigurosa y sistemática no puede tardar. Los pasos preparatorios están ya en marcha, tanto en los Estados Unidos como en la Unión Soviética. Es algo relativamente barato: el coste de una unidad naval de tamaño intermedio por ejemplo un moderno destructor sería suficiente para pagar un programa de una década de duración en busca de inteligencias extraterrestres.

Los encuentros benevolentes no han sido lo normal en la historia humana, cuando los contactos transculturales han sido directos y físicos, cosa muy diferente de la recepción de una señal de radio, un contacto tan suave como un beso. Sin embargo, es instructivo examinar uno o dos casos del pasado, por lo menos para calibrar nuestras expectativas: entre las épocas de las revoluciones norteamericana y francesa, Luis XVI de Francia organizó una expedición al océano Pacífico, un viaje con objetivos científicos, geográficos, económicos y nacionalistas. El comandante era el conde de La Pérouse, un explorador de fama que había luchado a favor de los Estados Unidos en su guerra de Independencia. En julio de 1786, casi un año después de hacerse a la mar, alcanzó en la costa de Alaska un lugar llamado hoy Bahía Lituya. El puerto le encantó y escribió sobre él: Ningún puerto del universo podría ofrecer más ventajas. La Pérouse, en este lugar ejemplar, escribió:

Observé la presencia de algunos salvajes, que hacían señales de amistad desplegando y ondeando capas blancas y diferentes pieles. Algunas de las canoas de estos indios estaban pescando en la bahía... [Nos] rodeaban continuamente las canoas de los salvajes, quienes nos ofrecían pescado, pieles de nutria y de otros animales y diversos artículos menores de vestir a cambio de nuestro hierro. Nos sorprendió mucho observar que parecían muy acostumbrados a traficar, y que regateaban con nosotros con tanta habilidad como cualquier comerciante europeo.

Los nativos americanos pedían cada vez más a cambio de sus mercancías. Recurrieron también al robo, sobre todo de objetos de hierro, con la consiguiente irritación de La Pérouse, pero en una ocasión robaron los uniformes de oficiales de la marina francesa que ellos habían ocultado debajo de sus almohadones cuando dormían por la noche rodeados de guardias armados: una hazaña digna de Harry Houdini. La Pérouse cumplía sus órdenes reales de comportarse pacíficamente, pero se quejó de que los nativos creyesen que podíamos aguantarlo todo. Su sociedad le inspiraba desdén, pero no se causó ningún

daño serio por parte de una cultura a la otra. La Pérouse, después de aprovisionar sus dos buques, partió de la Bahía de Lituya, para no regresar jamás. La expedición se perdió en el sur del Pacífico en 1788; perecieron La Pérouse y todos los miembros de su tripulación excepto uno. 2

Exactamente un siglo después Cowee, un jefe de los tlingit, relató al antropólogo canadiense G. T. Emmons una historia del primer encuentro de sus antepasados con el hombre blanco, una narración transmitida únicamente de palabra. Los tlingit no tenían documentos escritos, ni Cowee había oído hablar nunca de La Pérouse. He aquí una paráfrasis de la historia de Cowee:

A fines de una primavera, un grupo importante de tlingit se aventuró hacia Yakutat, al norte, para comerciar con cobre. El hierro era aún más precioso, pero no había modo de conseguirlo. Al entrar cuatro canoas en la Bahía de Lituya fueron tragadas por las olas. Mientras los supervivientes acampaban y lloraban a sus compañeros perdidos, dos objetos extraños entraron en la Bahía. Nadie sabía qué eran. Parecían grandes pájaros negros con inmensas alas blancas. Los tlingit creían que el mundo había sido creado por un gran pájaro que a menudo tomaba la forma de un cuervo, un pájaro que había liberado al Sol, la Luna y las estrellas de las cajas donde estaban prisioneros. Mirar el Cuervo equivalía a quedar convertido en piedra. Los tlingit, asustados, huyeron al bosque y se escondieron. Pero al cabo de un tiempo, al ver que no habían sufrido ningún daño, algunos con más iniciativa se arrastraron hasta fuera y arrollaron hojas de yaro en forma de primitivos telescopios creyendo que esto les impediría convertirse en piedra. A través de la hoja de col parecía que los grandes pájaros estaban plegando sus alas y que rebaños de pequeños mensajeros negros salían de sus cuerpos y se arrastraban sobre sus plumas.

Entonces un viejo guerrero, casi ciego, reunió a su gente y anunció que su vida se había cumplido hacía tiempo; estaba decidido, en bien de todos, a comprobar si el Cuervo quería convertir a sus hijos en piedra. Se puso su traje de piel de nutria, se metió en su canoa y le llevaron remando hacia el Cuervo, dentro del mar. Se encaramó encima suyo y oyó extrañas voces. Su vista debilitada apenas le permitía distinguir la gran cantidad de formas negras que se movían ante él. Quizás eran cuervos. Cuando regresó sin daño su gente se amontonó a su alrededor admirada de verle vivo. Le tocaron y le olieron para ver si era realmente él. Después de pensarlo mucho, el anciano se convenció de que aquello no era el dios cuervo que les visitaba sino una canoa gigante construida por personas. Las figuras negras no eran cuervos sino personas de un tipo distinto. Convenció a los tlingit, quienes se decidieron a visitar los buques y a intercambiar sus pieles por muchos artículos extraños, especialmente hierro.

Entramos en contacto con una civilización extraterrestre más avanzada, ¿será el encuentro esencialmente pacífico, aunque poco intenso, como el de los franceses con los tlingit, o seguirá otro prototipo más terrible, en el cual la sociedad algo más avanzada destruye a la sociedad técnicamente más atrasada? A principios del siglo dieciséis floreció en el México central una alta civilización. Los aztecas tenían una arquitectura monumental, un sistema elaborado de registro de datos, un arte exquisito y un calendario astronómico superior a

cualquiera de Europa. El artista Albrecht Dürer, al ver los objetos que llegaron con los primeros buques cargados de tesoros mexicanos, escribió en agosto de 1520: No había visto nunca nada que me alegrara tanto el corazón. He visto... un sol totalmente de oro de una braza entera de ancho [el calendario astronómico azteca]; también una luna totalmente de plata, de igual tamaño... también dos habitaciones llenas de todo tipo de armamento, annaduras y otras armas admirables, todas las cuales son más hermosas de ver que maravillas. Los intelectuales quedaron asombrados por los libros aztecas, que según dijo uno de ellos, se parecen casi a los egipcios . Hernán Cortés describió su capital, Tenochtitlán, como una de las ciudades más bellas del mundo... Las actividades y comportamiento de la gente están a un nivel casi tan elevado como en España, y su organización y ordenación son iguales. Si consideramos que estos pueblos son bárbaros, privados del conocimiento de Dios y de la comunicación con otras naciones civilizadas, es notable ver todo lo que poseen . Dos años después de escribir estas palabras Cortés destruyó totalmente Tenochtitlán junto con el resto de la civilización azteca. He aquí una relación azteca:

Moctezuma [el emperador azteca] quedó conmovido, horrorizado por lo que oyó. Quedó muy perplejo por su comida, pero lo que le hizo casi desmayarse fue la historia del gran cañón lombardo que obedeciendo a los españoles, lanzaba una descarga que retumbaba al salir. El ruido debilitaba y mareaba a quien lo oía. Salía de él una especie de piedra, seguida por una lluvia de fuego y de chispas. El humo era asfijante, tenía un olor que mareaba, fétido. Y cuando el disparo daba contra una montaña la hacía pedazos, la disolvía. Reducía un árbol a serrín: el árbol desaparecía como llevado por un soplo... Cuando contaron todo esto a Moctezuma quedó aterrorizado. Se sintió enfermo. El corazón le fallaba. Continuaron llegando más informes: No somos tan fuertes como ellos , dijeron a Moctezuma. No somos nada comparados con ellos. Los españoles empezaron a recibir el nombre de Dioses llegados de los Cielos . Sin embargo, los aztecas no se hacían ilusiones sobre los españoles, a los que describían con estas palabras:

Se apoderaban del oro como si fueran monos, con el rostro congestionado. Era evidente que su sed de oro no tenía límites: querían atiborrarse de oro como cerdos. Iban hurgando por todas partes, se llevaban los gallardetes de oro y los trasladaban de un lado a otro, agarrándolos para que no se les escaparan, balbuceando, contándose necedades unos a otros.

Pero sus intuiciones sobre el carácter español no les sirvieron para defenderse. En 1517 se había visto en México un gran cometa. Moctezuma, obsesionado por la leyenda de] retorno de] dios azteca Quetzalcóatl en forma de hombre de piel blanca, que llegaría por el mar oriental, ejecutó rápidamente a sus astrólogos. No habían predicho el cometa, ni lo habían explicado. Moctezuma, convencido del inminente desastre, se volvió distante y melancólico. Una partida armada de 400 europeos y sus aliados nativos, ayudados por la superstición de los aztecas y por su propia y superior tecnología venció y destruyó totalmente una alta civilización de un millón de personas. Los aztecas no habían visto nunca un caballo; no había caballos en el Nuevo Mundo. Ellos no habían aplicado la

metalurgia del hierro a la guerra. No habían inventado las arfnas de fuego. Y sin embargo la distancia tecnológica que los separaba de los españoles no era muy grande, quizás de unos cuantos siglos.

Somos necesariamente la sociedad técnica más atrasada de la Galaxia. Una sociedad más atrasada ya no dispondría de radioastronomía. Si la triste experiencia del conflicto cultural en la Tierra fuera la norma en la Galaxia, parece que nos tendrían que haber destruido ya, quizás después de expresar una cierta admiración por Shakespeare, Bach y Verrneer. Pero no ha sido así. Quizás las intenciones de los extraterrestres son de una benignidad a toda prueba, más afin a La Pérouse que a Cortés. ¿O quizás a pesar de todas las pretensiones sobre ovnis y antiguos astronautas, nuestra civilización no ha sido descubierta todavía?

Por una parte hemos afirmado que si hay una fracción, incluso pequeña, de civilizaciones técnicas que aprenden a vivir consigo mismo y con sus armas de destrucción masiva, tendría que haber actualmente un número enonne de civilizaciones avanzadas en la Galaxia. Tenemos ya vuelos interestelares lentos, y pensamos que el vuelo interestelar rápido es un objetivo posible de la especie humana. Por otra parte afirmamos que no hay pruebas creíbles sobre visitas a la Tierra, ahora o antes. ¿No es esto una contradicción? Si la civilización más cercana está digamos a 200 años luz de distancia, se necesitan sólo 200 años para ir hasta allí a una velocidad cercana a la de la luz. Incluso a uno por ciento de la velocidad de la luz, los seres procedentes de civilizaciones cercanas podrían haber llegado durante la tenencia de la Tierra por la humanidad. ¿Por qué no están ya aquí? Hay muchas respuestas posibles. Quizás somos los primeros, aunque esto está en contradicción con la herencia de Aristarco y de Copémico. Alguna civilización técnica tiene que ser la primera en emerger en la historia de la Galaxiá. Quizás estamos equivocados al creer que hay por lo menos alguna civilización que evita la autodestrucción. Quizás haya algún problema imprevisto que se opone al vuelo espacial; aunque a velocidades muy inferiores a las de la luz parece difícil entender en qué consistiría un impedimento de este tipo. O quizás estén ya aquí, pero ocultos por respeto a alguna *Lex Galáctica*, a alguna ética de no interferencia con civilizaciones emergentes. Podemos imaginárnoslos curiosos y desapasionados, observándonos, como nosotros observaríamos un cultivo bacteriano en un plato de agar, preguntándose si también en este año conseguiremos evitar la autodestrucción.

Pero hay otra explicación que es consistente con todo lo que sabemos. Si hace una gran cantidad de años emergió a 200 años luz de distancia una civilización avanzada viajera de las estrellas y no estuvo antes aquí, no tendría motivos para pensar que en la Tierra haya algo especial. No hay objeto de la tecnología humana, ni siquiera transmisiones de radio a la velocidad de la luz, que haya tenido tiempo de recorrer 200 años luz. Desde su punto de vista todos los sistemas estelares próximos tienen más o menos igual atractivo para la exploración o la colonización. 4

Una civilización técnica emergente, después de explorar su sistema planetario original y de desarrollar el vuelo espacial interestelar, empezaría a explorar de modo lento y por tanteo las estrellas cercanas. Algunas estrellas carecerán de planetas adecuados: quizás todos serán mundos gaseosos gigantes o diminutos asteroides. Otros contarán con un séquito de planetas adecuados, pero algunos estarán ya habitados o la atmósfera será venenosa o el clima inconfortable. En muchos casos los colonos tendrán que cambiar un mundo o como diríamos en casa, terraformarlo para hacerlo más adecuado y benigno. La reingenierización de un planeta exigirá tiempo. Ocasionalmente se descubrirá o se colonizará un mundo favorable de entrada. La utilización de los recursos planetarios para construir localmente naves interestelares será un proceso lento. Al final una misión de exploración y colonización en segunda generación partirá hacia estrellas no visitadas todavía. Y de este modo una civilización podrá abrirse paso lentamente entre los mundos, como una enredadera.

Es posible que en una época posterior, con colonias de tercer orden u orden superior desarrollando nuevos mundos, se descubrirá otra civilización independiente en expansión. Es muy posible que hubiera ya contactos por radio o por otros medios remotos. Los recién llegados podrían ser un tipo diferente de sociedad colonial. Es imaginable que dos civilizaciones en expansión de exigencias planetarias diferentes se ignoren mutuamente, y que sus formas afiligranadas de expansión se entrelacen sin entrar en conflicto.

Ambas podrían cooperar en la exploración de una provincia de la Galaxia. Incluso civilizaciones próximas podrían pasar millones de años en empresas coloniales de ese tipo, conjuntas o separadas, sin tropezar nunca con un oscuro sistema solar.

Ninguna civilización puede probablemente sobrevivir a una fase de viajes espaciales si no limita antes su número. Cualquier sociedad con una notable explosión de población se verá obligada a dedicar todas sus energías y su habilidad técnica a alimentar y cuidar de la población de su planeta de origen. Esta conclusión es muy potente y no se basa en absoluto en la idiosincrasia de una civilización concreta. En cualquier planeta, sea cual fuere su biología o su sistema social, un aumento exponencial de población se tragará todos los recursos. En cambio, toda civilización que se dedique a una exploración y colonización interestelar sería tiene que haber practicado durante muchas generaciones un crecimiento cero de población o algo muy próximo a él. Pero una civilización con un ritmo lento en el crecimiento de su población necesitará largo tiempo para colonizar muchos mundos, aunque después de encontrar algún fértil Edén se levanten las restricciones que impiden un crecimiento rápido de la población.

Mi colega William Newman y yo hemos calculado que si hubiese emergido hace un millón de años una civilización de viajeros espaciales con un ritmo de crecimiento lento de la población a doscientos años luz de distancia y se hubiese extendido hacia el exterior colonizando en su camino los mundos adecuados, hasta ahora no estarían entrando sus naves estelares de exploración en nuestro sistema solar. Si la civilización más próxima es más joven de lo indicado,

todavía no nos habrían alcanzado. Una esfera de doscientos años luz de radio contiene 200 000 soles y quizás un número comparable de mundos de posible colonización. Nuestro sistema solar sería descubierto accidentalmente, si el proceso sigue un desarrollo normal, después de haberse colonizado 200 000 mundos más, y entonces se comprobaría que contiene una civilización indígena.

¿Qué significa que una civilización tenga un millón de años de edad? Tenemos radiotelescopios y naves espaciales desde hace unas cuantas décadas; nuestra civilización técnica tiene unos cuantos centenares de años de edad, las ideas científicas de tipo moderno unos cuantos milenios, los seres humanos evolucionaron en este planeta hace sólo unos millones de años. Si una civilización sigue un ritmo semejante en cierto modo a nuestro actual progreso técnico, una edad de millones de años significa estar mucho más avanzados de nosotros que nosotros de un bebé bosquimano o de un macaco. ¿Podríamos captar siquiera su presencia? ¿Estaría interesada en la colonización o en el vuelo interestelar una sociedad que nos llevara un millón de años de adelanto? La gente tiene su vida limitada en el tiempo por algún motivo. Un progreso enorme en las ciencias biológicas y médicas permitiría descubrir este motivo y aplicar los remedios correspondientes. ¿Es posible que la razón de nuestro interés por el vuelo espacial sea que nos permite en cierto modo perpetuarnos más allá de nuestras vidas limitadas? ¿Podría una civilización compuesta por seres fundamentalmente inmortales considerar la exploración interestelar como algo en el fondo propio de niños? Quizás todavía no nos han visitado porque las estrellas están esparcidas de modo tan abundante en las profundidades del espacio que una civilización próxima, antes de llegar, ya ha alterado sus motivaciones exploradoras o ha evolucionado dando formas que no podemos detectar.

Un tema estándar de la ciencia ficción y de la literatura sobre ovnis es suponer que los extraterrestres son más o menos capaces de lo mismo que nosotros. Quizás disponen de un tipo distinto de nave espacial o de un cañón de rayos, pero en las batallas y a la ciencia ficción le gusta describir batallas entre civilizaciones y nosotros estamos más o menos igualados. De hecho es casi imposible que dos civilizaciones galácticas entren en interacción al mismo nivel. En cualquier enfrentamiento una de ellas dominará de modo absoluto a la otra. Un millón de años son muchos años. Si llegara una civilización avanzada a nuestro sistema solar, seríamos totalmente impotentes ante ella. Su ciencia y su tecnología superaría en mucho a la nuestra. Es inútil preocuparse sobre las posibles intenciones malévolas de una civilización avanzada con la cual podríamos entrar en contacto. Es muy probable que el solo hecho de que hayan sobrevivido tanto tiempo demuestra que han aprendido a vivir con ellos mismos y con los demás. Quizás el miedo a un contacto extraterrestre sea una simple proyección de nuestro retraso, una expresión de nuestra consciencia culpable ante nuestra historia pasada: los estragos causados en civilizaciones que estaban sólo algo más atrasadas que las nuestras. Recordemos a Colón y los arawaks, a Cortés y los aztecas, incluso el destino de los dingit en las generaciones posteriores a La Pérouse. Lo recordarnos y nos preocupamos.

**Pero si una armada interestelar aparece en los cielos yo predigo que será muy acomodaticio.**

**Es mucho más probable un tipo de contacto muy diferente: el caso que ya hemos discutido en el cual nosotros recibimos un mensaje rico y complejo, probablemente por radio, procedente de otra civilización en el espacio, pero con la cual y por lo menos durante un tiempo no entramos en contacto físico. En este caso la civilización transmisora no dispone de medios para saber si hemos recibido el mensaje. Si encontramos el contenido ofensivo o atemorizador, no estamos obligados a contestar. Pero si el mensaje contiene información valiosa, las consecuencias para nuestra civilización serán asombrosas: penetrar en la ciencia y la tecnología de los extraterrestres, su arte, música, política, ética, filosofía y religión, y sobre todo conseguir una desprovincialización profunda de la condición humana. Veremos qué cosas más son posibles.**

**Creo que la comprensión del mensaje interestelar será la parte más fácil del problema, porque compartiremos ideas científicas y matemáticas con cualquier otra civilización. La parte difícil será convencer al Congreso de los EE. UU. o al Consejo de ministros de la URSS de que dé fondos para la búsqueda de inteligencias extraterrestres. Quizás las civilizaciones puedan dividirse en el fondo en dos grandes categorías: en una de ellas los científicos no consiguen convencer a los no científicos para que autoricen la búsqueda de inteligencias extraterrestres, y las energías se dirigen exclusivamente hacia dentro, nadie pone en duda las percepciones convencionales y la sociedad titubea y se repliega abandonando las estrellas; y en la otra categoría es aceptada ampliamente la gran visión del contacto con otras civilizaciones y se emprende una búsqueda de gran envergadura.**

**Ésta es una de las pocas empresas humanas en la cual incluso un fracaso es un éxito. Si lleváramos a cabo una búsqueda rigurosa de señales de radio extraterrestres que abarcara millones de estrellas y al final no oyéramos nada, podríamos concluir diciendo que las civilizaciones galácticas son como máximo muy raras, y calibraríamos nuestro lugar en el universo. El hecho demostraría elocuentemente lo raros que son los seres vivientes de nuestro planeta, y subrayaría de un modo inigualado en la historia humana el valor individual de cada ser humano. Si tuviéramos éxito, la historia de nuestra especie y de nuestro planeta cambiaría para siempre.**

**Sería fácil para los extraterrestres hacer un mensaje interestelar artificial carente de ambigüedad. Por ejemplo los primeros números primos, los números que sólo son divisibles por ellos mismos y por la unidad son 1, 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23. Es muy improbable que cualquier proceso físico natural pueda transmitir mensajes de radio que sólo contenga números primos. Si recibiéramos un mensaje de este tipo deduciríamos que allí fuera hay una civilización que por lo menos se entusiasma con los números primos. Pero el caso más probable es que la comunicación interestelar sea una especie de palimpsesto, como los palimpsestos de antiguos escritores que no disponían de papiro o piedra suficiente y sobreponían sus mensajes a los ya existentes. Quizás en una frecuencia adyacente o con un ritmo más rápido habrá otro**

mensaje que será una especie de texto elemental, de introducción al lenguaje del discurso interestelar. El texto elemental se irá repitiendo una y otra vez porque la civilización transmisora no sabrá en absoluto cuándo empezaremos a sintonizar el mensaje. Y luego, a un nivel más profundo del palimpsesto, por debajo de la señal de sintonía y del texto elemental, habrá el mensaje real. La tecnología de la radio permite que este mensaje sea increíblemente rico. Quizás cuando lo sintonicemos nos encontraremos a mitad del volumen 3 267 de la *Encyclopaedia Galactica*.

Descubriremos entonces la naturaleza de otras civilizaciones. Habrá muchas, compuestas cada cual por organismos asombrosamente diferentes de cualquier organismo de nuestro planeta. Su visión del universo será algo distinta. Tendrán diferentes funciones artísticas y sociales. Estarán interesadas en cosas que nunca imaginamos. Al comparar nuestro conocimiento con el suyo, creceremos de modo inmenso. Y después de distribuir la información recién adquirida dentro de la memoria de una computadora, estaremos en disposición de ver qué tipo de civilización vivió en qué lugar de la Galaxia. Imaginemos una gran computadora galáctica, un almacén de información, más o menos al día, sobre la naturaleza y actividades de todas las civilizaciones de la galaxia Vía Láctea, una gran biblioteca de la vida en el Cosmos. Quizás entre las materias contenidas en la *Encyclopaedia Galactica* haya un conjunto de resúmenes sobre estas civilizaciones, con una información enigmática, tentadora, evocativa, incluso después de haber conseguido traducirla.

Al final, y después de haber esperado todo el tiempo que hubiésemos querido, nos decidiríamos a contestar. Transmitiríamos alguna información sobre nosotros sólo lo básico para empezar que sería el inicio de un largo diálogo interestelar, diálogo que nosotros empezaríamos, pero que, a causa de las vastas distancias del espacio interestelar y de la velocidad finita de la luz, sería continuado por nuestros remotos descendientes. Y algún día, en un planeta de una estrella muy distante, un ser muy diferente de nosotros solicitará un ejemplar de la última edición de *laencyclopaedia Galactica* y recibirá un poco de información sobre la última sociedad que entró en la comunidad de civilizaciones galácticas.

### **Capítulo 13.**

#### ***¿Quién habla en nombre de la Tierra ?.***

**¿Por qué motivo tendría que ocuparme en buscar los secretos de las estrellas si tengo continuamente, ante mis ojos a la muerte y a la esclavitud?**

***Pregunta planteada a Pitágoras por Anaxímenes  
(hacia 600 a. de C.), según MONTAIGNE***

**Qué vastitud la de estos orbes y qué poco considerable es comparada con ellos la 'cierra, el teatro sobre el cual se juegan todos nuestros poderosos designios, todas nuestras navegaciones, y todas nuestras guerras. Una consideración muy pertinente, y materia de reflexión para los reyes y príncipes que sacrifican las**



vidas de tantas personas sólo para halagar su ambición y convertirse en dueños de algún lamentable rincón de este pequeño lugar.

**CHRISTIAAN HUYGENS, *Nuevas conjeturas referentes a los mundos planetarios, sus habitantes y sus producciones*, hacia 1690**

Al mundo entero agregó nuestro Padre el Sol , doy mi luz y mi resplandor, doy calor a los hombres cuando tienen frío; hago que sus campos fructifiquen y que su ganado se multiplique; cada día que paso doy la vuelta al mundo para estar más enterado de las necesidades del hombre y para satisfacer estas necesidades. *Seguid mi ejemplo.* Mito inca incluido en los *Comentarios reales*

**de GARCILASO DE LA VEGA, 1556**

Miramos hacia el pasado a través de millones incontables de años, y vemos la gran voluntad de vivir que lucha por salir del fango situado entre las mareas, que lucha de forma en forma y de poder en poder, que se arrastra por el suelo y luego camina con confianza sobre él, que lucha de generación en generación por dominar el aire, que se insinúa en las tinieblas de lo profundo; la vemos levantarse contra sí misma con rabia y hambre y cambiar su forma por otra nueva, contemplamos cómo se nos acerca y se hace más parecida a nosotros, cómo se expande, se elabora a sí misma, persigue su objetivo inexorable e inconcebible, hasta alcanzamos al final y latir su ser a través de nuestros cerebros y nuestras arterias... Es posible creer que todo el pasado no es más que el principio de un principio, y que todo lo que es y ha sido es sólo el crepúsculo del alba. Es posible creer que todo lo conseguido por la mente humana no es sino el sueño antes del despertar... Surgirán... de nuestro linaje mentes que volverán su atención a nosotros en nuestra pequeñez y nos conocerán mejor de lo que nos conocemos nosotros. Llegará un día, un día en la sucesión infinita de días, en que seres, seres que están ahora latentes en nuestros pensamientos y escondidos en nuestros lomos, se erguirán sobre esta tierra como uno se yergue sobre un escabel y reirán y con sus manos alcanzarán las estrellas.

**H. G. WELLS, El descubrimiento del futuro  
*Nature*, 65,326 (1902)**

**EL COSMOS NO FUE DESCUBIERTO HASTA AYER.** Durante un millón de años era evidente para todos que aparte de la Tierra no había ningún otro lugar. Luego, en la última décima parte de un uno por ciento de la vida de nuestra especie, en el instante entre Aristarco y nosotros, nos dimos cuenta de mala gana de que no éramos el centro ni el objetivo del universo, sino que vivíamos sobre un mundo diminuto y frágil perdido en la inmensidad y en la eternidad, a la deriva por un gran océano cósmico punteado aquí y allí por centenares de miles de millones de galaxias y por mil millones de billones de estrellas. Sondamos valientemente en las aguas y descubrimos que el océano nos gustaba, que resonaba con nuestra naturaleza. Algo en nosotros reconoce el Cosmos como su hogar. Estamos hechos de ceniza de estrellas. Nuestro origen y evolución

estuvieron ligados a distantes acontecimientos cósmicos. La exploración del Cosmos es un viaje para autodescubrirnos.

Como ya sabían los antiguos creadores de mitos, somos hijos tanto del cielo como de la Tierra. En nuestra existencia sobre este planeta hemos acumulado un peligroso equipaje evolutivo, propensiones hereditarias a la agresión y al ritual, sumisión a los líderes y hostilidad hacia los forasteros, un equipaje que plantea algunas dudas sobre nuestra supervivencia. Pero también hemos adquirido compasión para con los demás, amor hacia nuestros hijos y hacia los hijos de nuestros hijos, el deseo de aprender de la historia, y una inteligencia apasionada y de altos vuelos: herramientas evidentes para que continuemos sobreviviendo y prosperando. No sabemos qué aspectos de nuestra naturaleza predominarán, especialmente cuando nuestra visión y nuestra comprensión de las perspectivas están limitadas exclusivamente a la Tierra, o lo que es peor a una pequeña parte de ella. Pero allí arriba, en la inmensidad del Cosmos, nos espera una perspectiva inescapable. Por ahora no hay signos obvios de inteligencias extraterrestres, y esto nos hace preguntarnos si las civilizaciones como la nuestra se precipitan siempre de modo implacable y directo hacia la autodestrucción. Las fronteras nacionales no se distinguen cuando miramos la Tierra desde el espacio. Los chauvinismos étnicos o religiosos o nacionales son algo difíciles de mantener cuando vemos nuestro planeta como un creciente azul y frágil que se desvanece hasta convertirse en un punto de luz sobre el bastión y la ciudadela de las estrellas. Viajar ensancha nuestras perspectivas.

Hay mundos en los que nunca nació la vida. Hay mundos que quedaron abrasados y arruinados por catástrofes cósmicas. Nosotros hemos sido afortunados: estamos vivos, somos poderosos, el bienestar de nuestra civilización y de nuestra especie está en nuestras manos. Si no hablamos nosotros en nombre de la Tierra, ¿quién lo hará? Si no nos preocupamos nosotros de nuestra supervivencia, ¿quién lo hará?

La especie humana está emprendiendo ahora una gran aventura que si tiene éxito será tan importante como la colonización de la tierra o el descenso de los árboles. Estamos rompiendo de modo vacilante y en vía de prueba las trabas de la Tierra: metafóricamente al enfrentamos con las admoniciones de los cerebros más primitivos de nuestro interior y domarlos, físicamente al viajar a los planetas y escuchar los mensajes de las estrellas. Estas dos empresas están ligadas indisolublemente. Creo que cada una de ellas es condición necesaria para la otra. Pero nuestras energías se dirigen mucho más hacia la guerra. Las naciones, hipnotizadas por la desconfianza mutua, sin casi nunca preocuparse por la especie o por el planeta, se preparan para la muerte. Y lo que hacemos es tan horroroso que tendemos a no pensar mucho en ello. Pero es imposible que resolvamos algo que no tomamos en consideración.

Toda persona capaz de pensar teme la guerra nuclear, y todo estado tecnológico la está planeando. Cada cual sabe que es una locura, y cada nación tiene una excusa. Hay una siniestra cadena de causalidad: los alemanes estaban trabajando en la bomba al principio de la segunda guerra mundial, y los americanos tuvieron que hacer una antes que ellos. Si los americanos tienen la

bomba, los soviéticos deben tenerla también, y luego los británicos, los franceses, los chinos, los indios, los pakistaníes... Hacia finales del siglo veinte muchas naciones habían reunido armas nucleares. Eran fáciles de idear. El material fisionable podía robarse de los reactores nucleares. Las armas nucleares se convirtieron casi en una industria de artesanía nacional.

Las bombas convencionales de la segunda guerra mundial recibieron el calificativo de revientamanzanas. Se llenaban con veinte toneladas de TNT y podían destruir una manzana de casas de una ciudad. Todas las bombas lanzadas sobre todas las ciudades en la segunda guerra mundial sumaron unos dos millones de toneladas, dos megatones, de TNT: Coventry y Rotterdam, Dresde y Tokio, toda la muerte que llovió de los cielos entre 1939 y 1945, un centenar de miles de revientamanzanas, dos megatones. A fines del siglo veinte, dos megatones era la energía que se liberaba en la explosión de una sola bomba termonuclear más o menos del montón: una bomba con la fuerza destructiva de la segunda guerra mundial. Pero hay cientos de miles de armas nucleares. Hacia la novena década del siglo veinte los misiles estratégicos y las fuerzas de bombarderos de la Unión Soviética y de los Estados Unidos apuntaban sus cabezas de guerra a más de 15 000 objetivos designados. No había lugar seguro en todo el planeta. La energía contenida en estas armas, en estos genios de la muerte que esperaban pacientemente que alguien restregara las lámparas, era superior a 10 000 megatones: pero con toda su destrucción concentrada de modo eficiente, no a lo largo de seis años sino en unas pocas horas, un revientamanzana para cada familia del planeta, una segunda guerra mundial nuclear cada segundo durante toda una tarde de ocio.

Las causas inmediatas de muerte por un ataque nuclear son la onda explosiva, que pueden aplanar edificios fuertemente reforzados a muchos kilómetros de distancia, la tempestad de fuego, los rayos gamma y los neutrones que fríen de modo efectivo las entrañas de un transeúnte. Una alumna de escuela que sobrevivió al ataque nuclear norteamericano contra Hiroshima, el acontecimiento que puso final a la segunda guerra mundial, escribió este relato de primera mano:

A través de una oscuridad como el fondo del infierno podía oír las voces de las demás estudiantes que llamaban a sus madres. Y en la base del puente, dentro de una gran cisterna que habían excavado, estaba una madre llorando, aguantando por encima de su cabeza un bebé desnudo quemado por todo el cuerpo, de color rojo brillante. Y otra madre estaba llorando y sollozando mientras daba su pecho quemado a su bebé. En la cisterna las estudiantes estaban de pie asomando sólo las cabezas encima del agua, con las dos manos apretadas mientras gritaban y chillaban implorando y llamando a sus padres. Pero todas las personas que pasaban sin excepción, estaban heridas y no había nadie, no había nadie a quien pedir ayuda. Y el pelo chamuscado en las cabezas de las personas estaba rizado y blancuzco y cubierto de polvo. No parecía que fueran personas, que fueran seres de este mundo. La explosión de Hiroshima, al contrario de la subsiguiente explosión de Nagasaki, fue una explosión en el aire muy por encima de la superficie, de modo que la lluvia radiactiva fue

insignificante. Pero el 1 de marzo de 1954 una prueba con armas termonucleares en Bikini, en las islas Marshall, detonó a un rendimiento superior al esperado. Se depositó una gran nube radiactiva sobre el pequeño atolón de Rongalap, a 150 kilómetros de distancia, donde los habitantes compararon la explosión a un Sol levantándose por el Oeste. Unas horas más tarde la ceniza radiactiva cayó sobre Rongalap como nieve. La dosis media recibida fue de sólo 175 rads, algo inferior a la mitad de la dosis necesaria para matar a una persona normal. El atolón estaba lejos de la explosión y no murieron muchas personas. Como es lógico, el estroncio radiactivo que comieron se concentró en sus huesos y el yodo radiactivo se concentró en sus tiroides. Dos tercios de los niños y un tercio de los adultos desarrollaron más tarde anomalías tiroideas, retraso en el crecimiento y tumores malignos. Los habitantes de las islas Marshali recibieron a cambio cuidados médicos especializados.

El rendimiento de la bomba de Hiroshima fue de sólo trece kilotones, el equivalente a trece millares de toneladas de TNT. El rendimiento de la prueba de Bikini fue de quince megatones. En un intercambio nuclear completo, en el paroxismo de la guerra termonuclear, caerían en todo el mundo el equivalente a un millón de bombas de Hiroshima. Si se aplica el porcentaje de mortalidad de Hiroshima de unas cien mil personas muertas por cada arma de trece kilotones, sería suficiente para matar a cien mil millones de personas. Pero a fines de; siglo veinte había menos de cinco mil millones de personas en el planeta. Desde luego que en un intercambio de este tipo no todo el mundo morirá por la explosión y la tormenta de fuego, la radiación y la precipitación radiactiva, aunque esta precipitación dura algo más de tiempo: el 90 por ciento del estroncio 90 se habrá desintegrado en 96 años, el 90 por ciento del cesio 137 en 100 años, el 90 por ciento del yodo 131 *en sólo un mes*.

Los supervivientes vivirán consecuencias más sutiles de la guerra. Un intercambio nuclear completo quemará el nitrógeno de la parte superior del aire, convirtiéndolo en óxidos de nitrógeno, que a su vez destruirán una porción significativa del ozono en la alta atmósfera, con lo que ésta admitirá una dosis intensa de radiación solar ultravioleta. Este aumento en el flujo ultravioleta se mantendrá durante años. Producirá cáncer de la piel, preferentemente en personas de piel clara. Y algo más importante: afectará la ecología de nuestro planeta de un modo desconocido. La luz ultravioleta destruye las cosechas. Muchos microorganismos morirán, no sabemos cuáles ni cuántos, o cuáles podrán ser las consecuencias. No sabemos si los organismos muertos estarán precisamente en la base de una vasta pirámide ecológica sobre cuya cima nos balanceamos nosotros.

El polvo introducido en el aire en un intercambio nuclear completo reflejará la luz solar y enfriará un poco la Tierra. Basta un pequeño enfriamiento para que las consecuencias en la agricultura sean desastrosas. Los pájaros mueren más fácilmente por la radiación que los insectos. Las plagas de insectos y los desórdenes agrícolas adicionales que les seguirán serán una consecuencia probable de una guerra nuclear. Hay otro tipo de plaga preocupante: la plaga de los bacilos es endémica en toda la Tierra. A fines del siglo veinte los hombres no

fallecían mucho a consecuencia de la plaga, y no porque ésta faltara, sino porque la resistencia era elevada. Sin embargo, la radiación producida en una guerra nuclear debilita el sistema inmunológico del cuerpo, entre sus muchos otros efectos, provocando una disminución de nuestra capacidad para resistir a la enfermedad. A plazo más largo hay mutaciones, nuevas variedades de microbios y de insectos que podrían causar todavía más problemas a cualquier superviviente humano de un holocausto nuclear; y quizás al cabo de un tiempo cuando ya ha pasado el tiempo suficiente para que se recombinen y se expresen las mutaciones recesivas, haya nuevas y horrorizantes variedades de personas. La mayoría de estas mutaciones al expresarse serán letales. Unas cuantas no. Y luego habrá otras agonías: la pérdida de los seres queridos, las legiones de quemados, ciegos y mutilados; enfermedades, plagas, venenos radiactivos de larga vida en el aire y en el agua, la amenaza de los tumores y de los niños nacidos muertos y malforinados; la ausencia de cuidados médicos, la desesperada sensación de una civilización destruida por nada, el conocimiento de que podíamos haberlo impedido y no lo hicimos.

L. F. Richardson era un meteorólogo británico interesado en la guerra. Quería comprender sus causas. Hay paralelos intelectuales entre la guerra y el tiempo atmosférico. Los dos son complejos. Los dos presentan regularidades, implicando con ello que no son fuerzas implacables sino sistemas naturales que pueden comprenderse y controlarse. Para comprender la meteorología global hay que reunir primero un gran conjunto de datos meteorológicos; hay que descubrir cómo se comporta realmente el tiempo. Richardson decidió que el sistema para llegar a comprender la guerra tenía que ser el mismo. Por consiguiente reunió datos sobre centenares de guerras acaecidas en nuestro pobre planeta entre 1820 y 1945.

Los resultados de Richardson se publicaron póstumamente en una obra llamada *Las estadísticas de las disputas mortales*. Richardson estaba interesado en saber el tiempo que hay que esperar para que una guerra se lleve un número determinado de víctimas y para ello definió un índice,  $M$ , la magnitud de una guerra, la medición del número de muertes inmediatas que causa. Una guerra de magnitud  $M = 3$  podría ser una simple escaramuza, que mataría sólo a mil personas (1 03).  $M = 5$  o  $M = 6$  denotan guerras más serias, en las que mueren cien mil (1 01) personas o un millón (106). Las guerras mundiales primera y segunda tuvieron magnitudes superiores. Richardson descubrió que cuantas más personas morían en una guerra menos probable era que ocurriera, y más tiempo pasaría antes de presenciarse, del mismo modo que las tormentas violentas son menos frecuentes que un chaparrón. A partir de sus datos podemos construir un gráfico (pág. 3 26) que muestra el tiempo promedio que habría que haber esperado durante el siglo y medio pasado para presenciar una guerra de magnitud  $M$ .

Richardson propuso que si se prolonga la curva hasta valores muy pequeños de  $M$ , llegando a  $M = 0$ , ésta predice de modo aproximado la incidencia mundial de los asesinatos; en algún lugar del mundo alguien es asesinado cada cinco minutos. Según él los asesinatos individuales y las guerras en gran escala son

los dos extremos de un continuo, una curva ininterrumpida. Se deduce no sólo en un sentido trivial sino también según creo en un sentido psicológico muy profundo que la guerra es un asesinato escrito en mayúscula. Cuando nuestro bienestar se ve amenazado, cuando se ven desafiadas nuestras ilusiones sobre nosotros mismos, tendremos por lo menos algunos a estallar en rabias asesinas. Y cuando las mismas provocaciones se aplican a estados nacionales, también ellos estallan a veces en rabias asesinas, que fomentan con demasiada frecuencia los que buscan el poder o el provecho personales. Pero a medida que la tecnología del asesinato mejora y que aumenta el castigo de la guerra, hay que hacer que muchas personas sientan simultáneamente rabias asesinas para poder pasar revista a una guerra importante. Pero esto puede generalmente arreglarse, porque los órganos de comunicación de masas están a menudo en manos del Estado. (La guerra nuclear es la excepción. Puede ponerla en marcha un número muy reducido de personas.)

Tenemos aquí un conflicto entre nuestras pasiones y lo que a veces se llama nuestra mejor naturaleza; entre la parte antigua reptiliana y profunda de nuestro cerebro, el complejo R, encargado de las rabias asesinas, y las partes del cerebro mamíferas y humanas evolucionadas más recientemente, el sistema límbico y la corteza cerebral. Cuando los hombres vivían en pequeños grupos, cuando nuestras armas eran relativamente modestas, un guerrero por rabioso que estuviera sólo podía matar a unas cuantas personas. A medida que nuestra tecnología mejoró, mejoraron también los medios de guerra. En el mismo breve intervalo también *nosotros* hemos mejorado. Hemos atemperado con la razón nuestras iras, frustraciones y desesperaciones. Hemos mejorado a una escala planetario injusticias que hasta hace poco eran globales y endémicas. Pero nuestras armas pueden matar ahora miles de millones de personas. ¿Hemos mejorado lo bastante rápido? ¿Estamos enseñando la razón del modo más eficaz posible? ¿Hemos estudiado valientemente las causas de la guerra?

Lo que se llama a menudo la estrategia de la disuasión nuclear se caracteriza por basarse en el comportamiento de nuestros antepasados no humanos. Henry Kissinger, un político contemporáneo, escribió: La disuasión depende sobre todo de criterios psicológicos. Para lograr la disuasión un bluff tomado en serio es más útil que una amenaza serena interpretada como un *bluff*. Sin embargo, un efectivo bluff nuclear incluye posturas ocasionales de irracionalidad, un distanciamiento de los horrores de la guerra nuclear. De este modo el enemigo potencial se ve tentado a someterse en los puntos en disputa en lugar de desencadenar una confrontación real, que el aura de irracionalidad ha hecho plausible. El riesgo principal al adoptar una pose creíble de irracionalidad es que para tener éxito en el engaño hay que ser muy bueno. Al cabo de un rato uno se acostumbra. Y deja de ser un engaño.

El equilibrio global de terror, promovido por los Estados Unidos y la Unión Soviética, tiene como rehenes a los ciudadanos de la Tierra. Cada parte traza unos límites a la conducta permisible de la otra. El enemigo potencial recibe la seguridad de que transgredir el límite supone una guerra nuclear. Sin embargo, la definición del límite va cambiando con el tiempo. Cada parte ha de tener

confianza en que la otra entiende los nuevos límites. Cada parte está tentada de aumentar su ventaja militar, pero no de forma tan pronunciada que alaríne seriamente al otro. Cada parte explora continuamente los límites de la tolerancia de la otra, como los vuelos de bombarderos nucleares sobre los desiertos árticos, la crisis de los misiles en Cuba, las pruebas de armas antisatélite, las guerras de Vietnam y Afganistán: unas cuantas partidas de una lista larga y dolorosa. El equilibrio global de terror es un equilibrio muy delicado. Depende de que las cosas no se estropeen, de que no se cometan errores, de que las pasiones reptilianas no se exciten seriamente.

Volvemos pues a Richardson. En el diagrama la línea continua es el tiempo que hay que esperar para una guerra de magnitud  $M$ , es decir el tiempo medio que tendríamos que esperar para presenciar una guerra que mate a  $10^M$  personas (donde  $M$  representa el número de ceros después del uno en nuestra aritmética exponencial usual). Aparece también como una barra vertical a la derecha del diagrama la población mundial en años recientes, que alcanzó mil millones de personas ( $M = 9$ ) hacia 1835 y que es ahora de unos 4 500 millones de personas ( $M = 9,7$ ). Cuando la curva de Richardson intersecta a la barra vertical tenemos especificado el tiempo que hay que esperar para el día del Juicio final, los años que transcurrirán hasta que la población de la Tierra sea destruida en una gran guerra. De acuerdo con la curva de Richardson y la extrapolación más simple sobre el crecimiento futuro de la población humana, las dos curvas no se cortan hasta el siglo treinta, más o menos y el Juicio final queda aplazado.

Pero la segunda guerra mundial fue de magnitud 7,7 y murieron en ella unos cincuenta millones de personas, personal militar y no combatientes. La tecnología de la muerte avanzó de modo siniestro. Se usaron por primera vez armas nucleares. Hay pocos indicios de que las motivaciones y las propensiones hacia la guerra hayan disminuido desde entonces, y tanto las armas convencionales como las nucleares se han hecho mucho más mortíferas. Por lo tanto la parte superior de la curva de Richardson se está desplazando hacia abajo en una cantidad desconocida. Si su nueva posición ha quedado en algún punto de la región sombreada de la figura, disponemos solamente de unas cuantas décadas más hasta el día del Juicio final. Una comparación más detallada de la incidencia de las guerras antes y después de 1945 podría esclarecer esta cuestión. El tema no es en absoluto trivial.

Es ésta otra manera sencilla de decir lo que ya sabemos desde hace décadas: el desarrollo de las armas nucleares y sus sistemas de entrega provocarán más tarde o más temprano un desastre global. Muchos de los científicos norteamericanos y europeos emigrados que desarrollaron las primeras armas nucleares quedaron anonadados por el demonio que habían dejado suelto en el mundo. Apelaron en favor de la abolición global de las armas nucleares. Pero nadie les hizo caso: la perspectiva de una ventaja estratégica nacional galvanizó tanto a la URSS como a los Estados Unidos y empezó la carrera de armas nucleares.

Durante el mismo período hubo un floreciente tráfico internacional de las devastadoras armas no nucleares que se califican tímidamente de

convencionales . En los últimos veinticinco años, el comercio internacional de armas ha subido desde 300 millones de dólares a mucho más de 20 000 millones, cifra ésta corregida de inflación. En los años entre 1950 y 1968, para los cuales parece que se dispone de buenas estadísticas, hubo, en promedio y en todo el mundo, varios accidentes por año con participación de armas nucleares, aunque quizás no más de una o dos explosiones nucleares accidentales. Los grupos de presión armamentista de la Unión Soviética, de los Estados Unidos y de otras naciones son grandes y poderosos. En los Estados Unidos incluyen a empresas importantes, famosas por sus productos casi hogareños. Según una estimación, los beneficios de las empresas que fabrican armas militares son de un 30% a un 50% superiores a los de empresas en un mercado civil igualmente tecnológico pero competitivo. Aumentos de coste en los sistemas de armas militares son aceptados en una escala que sería inaceptable en la esfera civil. En la Unión Soviética los recursos, calidad, atención y cuidados prodigados a la producción militar contrastan fuertemente con lo poco que queda para los bienes de consumo. Según algunas estimaciones casi la mitad de los científicos y altos tecnólogos de la Tierra están empleados de modo total o parcial en cuestiones militares. Quienes participan en el desarrollo y fabricación de armas de destrucción masiva reciben salarios, participación en el poder e incluso si es posible honores públicos en los niveles más altos existentes en sus sociedades respectivas. El secreto que envuelve el desarrollo de armas, llevado a extremos extravagantes en la Unión Soviética, implica que las personas con estos empleos casi nunca tienen que aceptar la responsabilidad de sus acciones. Están protegidos y son anónimos. El secreto militar hace que lo militar sea en cualquier sociedad el sector más difícil de controlar por los ciudadanos. Si ignoramos lo que hacen, es muy difícil detenerlos. Los premios son tan sustanciosos, y los grupos de presión militares de países hostiles mantienen un abrazo mutuo tan siniestro, que al final el mundo descubre que se está deslizando hacia la destrucción definitiva de la empresa humana.

Cada gran potencia tiene alguna justificación ampliamente difundida para conseguir y ahnacenar armas de destrucción masiva, a menudo incluyendo un recordatorio reptiliano del supuesto carácter y de los defectos culturales de enemigos potenciales (al contrario de nosotros, gente sana), o de las intenciones de los demás, y nunca de las nuestras, de conquistar el mundo. Cada nación parece tener su conjunto de posibilidades prohibidas, en las que hay que prohibir a toda costa que sus ciudadanos y partidarios piensen seriamente. En la Unión Soviética están el capitalismo, Dios, y la renuncia a la soberanía nacional; en los Estados Unidos, el socialismo, el ateísmo y la renuncia a la soberanía nacional. Sucede lo mismo en todo el mundo.

¿Cómo explicaríamos la carrera global de armas a un observador extraterrestre desapasionado? ¿Cómo justificaríamos los desarrollos desestabilizadores más recientes de los satélites matadores, las armas con rayos de partículas, láseres, bombas de neutrones, misiles de crucero, y la propuesta de convertir áreas equivalentes a pequeños países en zonas donde esconder misiles balísticos intercontinentales entre centenares de señuelos? ¿Afirmaremos que diez mil



**cabezas nucleares con sus correspondientes objetivos pueden aumentar nuestras perspectivas de supervivencia? ¿Qué informe presentaríamos sobre nuestra administración del planeta Tierra? Hemos oído las racionalizaciones que aducen las superpotencias nucleares. Sabemos quién habla en nombre de las naciones. Pero ¿quién habla en nombre de la especie humana? ¿Quién habla en nombre de la Tierra?**

**Una dos terceras partes de la masa del cerebro humano están en la corteza cerebral, dedicada a la intuición y a la razón. Los hombres hemos evolucionado de modo gregario. Nos encanta la compañía de los demás; nos preocupamos los unos de los otros. Cooperamos. El altruismo forma parte de nuestro ser. Hemos descifrado brillantemente algunas estructuras de la Naturaleza. Tenemos motivaciones suficientes para trabajar conjuntamente y somos capaces de idear el sistema adecuado. Si estamos dispuestos a incluir en nuestros cálculos una guerra nuclear y la destrucción total de nuestra sociedad global emergente, ¿no podríamos también imaginar la reestructuración total de nuestras sociedades? Desde una perspectiva extraterrestre está claro que nuestra civilización global está a punto de fracasar en la tarea más importante con que se enfrenta: la preservación de las vidas y del bienestar de los ciudadanos del planeta. ¿No deberíamos pues estar dispuestos a explorar vigorosamente en cada nación posibles cambios básicos del sistema tradicional de hacer las cosas, un rediseño fundamental de las instituciones económicas, políticas, sociales y religiosas?**

**Enfrentados con una alternativa tan inquietante, nos sentimos tentados continuamente a minimizar la gravedad del problema, de afirmar que quienes se inquietan por el día del Juicio son unos alarmistas; de asegurar que los cambios fundamentales en nuestras instituciones no son prácticos o están en contra de la naturaleza humana, como si la guerra nuclear fuera práctica, o como si sólo hubiera una naturaleza humana. Una guerra nuclear a toda escala no se ha dado nunca. Se supone de algún modo que según esto no se dará nunca. Pero sólo podemos pasar una vez por esta experiencia. En aquel momento será demasiado tarde para reforinular la estadística.**

**Los Estados Unidos son uno de los pocos gobiernos que apoyan reahnente una agencia destinada a invertir el curso de la carrera de armamentos. Pero los presupuestos comparados del Departamento de Defensa (1 5 3 000 millones de dólares por año en 1980) y de la Agencia para el Control de Armas y el Desarme (18 millones de dólares por año) nos recuerdan la importancia relativa que hemos asignado a las dos actividades. ¿No gastaría más dinero una sociedad racional en comprender y prevenir que en prepararse para la siguiente guerra? Es posible estudiar las causas de la guerra. Actualmente nuestra comprensión de ella es limitada, probablemente porque los presupuestos de desarme desde la época de Sargón de Akkad han sido entre inefectivos e inexistentes. Los microbiólogos y los médicos estudian las enfermedades principalmente para curar a las personas. Raramente se dedican a hacer propaganda del patógeno. Estudiamos la guerra como si fuera una enfermedad de la infancia, como la denominó Einstein de modo pertinente. Hemos alcanzado el punto en que la proliferación de las armas nucleares y la resistencia contra el desarme nuclear**

amenazan a todas y cada una de las personas del planeta. Ya no hay intereses especiales o casos especiales. Nuestra supervivencia depende de que comprometamos nuestra inteligencia y nuestros recursos en una escala masiva para asumir nuestro propio destino, para garantizar que la curva de Richardson no se desplace hacia la derecha.

Nosotros, los rehenes nucleares todos los pueblos de la Tierra tenemos que educarnos sobre la guerra convencional y nuclear. Luego tenemos que educar a nuestros gobiernos. Tenemos que aprender la ciencia y la tecnología que proporcionan las únicas herramientas concebibles de nuestra supervivencia. Tenemos que estar dispuestos a desafiar valientemente la sabiduría convencional social, política, económica y religiosa. Tenemos que hacer todos los esfuerzos posibles para comprender que nuestros compañeros, que los ciudadanos de todo el mundo, *son* humanos. No hay duda que estos pasos son difíciles. Pero como replicó Einstein muchas veces cuando alguien rechazaba sus sugerencias por no prácticas o no consistentes con la naturaleza humana : ¿Qué otra alternativa hay? Es característico de los mamíferos que acaricien a sus hijos, con el hocico o con, las manos, que los abracen, los soben, los mimen, los cuiden y los amen, un comportamiento que es esencialmente desconocido entre los reptiles. Si es realmente cierto que el complejo R y el sistema límbico viven en una tregua incómoda dentro de nuestros cráneos y que continúan compartiendo sus antiguas predilecciones, podríamos esperar que la indulgencia paterna animara nuestras naturalezas de mamífero y que la ausencia de afecto físico impulsara el comportamiento reptiliano. Algunas pruebas apuntan en este sentido. Harry y Margaret Harlow han descubierto en experiencias de laboratorio que los monos criados en jaulas y físicamente aislados aunque pudiesen ver, oír y oler a sus compañeros simios desarrollaban toda una gama de características taciturnas, retiradas, autodestructivas y en definitiva anormales. Se observa lo mismo en los hijos de personas que se han criado sin afecto físico normalmente en instituciones donde es evidente que sufren mucho.

El neurosicológico James W. Prescott ha llevado a cabo un análisis estadístico transcultural sorprendente de 400 sociedades preindustriales y ha descubierto que las culturas que derrochan afecto físico en sus hijos tienden a no sentir inclinación por la violencia. Incluso las sociedades en las que no se acaricia mucho a los niños desarrollan adultos no violentos siempre que no repriman la actividad sexual de los adolescentes. Prescott cree que las culturas con predisposición a la violencia están compuestas por individuos a los que se ha privado de los placeres del cuerpo durante por lo menos una de las dos fases críticas de la vida, la infancia y la adolescencia. Allí donde se fomenta el cariño físico, son apenas visibles el robo, la religión organizada y las ostentaciones envidiosas de riqueza; donde se castiga físicamente a los niños tiende a haber esclavitud, homicidios frecuentes, torturas y mutilaciones de los enemigos, cultivo de la inferioridad de la mujer, y la creencia en uno o más seres sobrenaturales que intervienen en la vida diaria.

No comprendemos de modo suficiente la conducta humana para estar seguros de los mecanismos en que se basan estas relaciones, aunque podemos

suponerlos. Pero las correlaciones son significativas. Prescott escribe: La probabilidad de que una sociedad se vuelva físicamente violenta si es físicamente cariñosa con sus hijos y tolera el comportamiento sexual premarital es del dos por ciento. La probabilidad de que esta relación sea causal es de 125 000 contra uno. No conozco otra variable del desarrollo que tenga un grado tan elevado de validez predictiva. Los niños tienen hambre de afecto físico; los adolescentes sienten un fuerte impulso hacia la actividad sexual. Si los jóvenes pudiesen decidir quizás se desarrollarían sociedades en las que los adultos tolerarían poco la agresión, la territorialidad, el ritual y la jerarquía social (aunque en el curso de su crecimiento los niños podrían muy bien experimentar estos comportamientos reptilianos). Si Prescott está en lo cierto, en una era de armas nucleares y de contraceptivos eficientes, los abusos contra los niños y la represión sexual severa son crímenes contra la humanidad. Está claro que se necesita ahondar más en esta tesis provocativa. Mientras tanto cada uno de nosotros puede contribuir de modo

personal y no polémico al futuro del mundo abrazando tiernamente a nuestros niños.

Si las inclinaciones hacia la esclavitud y el racismo, la misoginia y la violencia están relacionadas tal como sugieren el carácter individual y la historia humana, así como los estudios transculturales, queda margen para un poco de optimismo. Todos estamos rodeados por cambios recientes y fundamentales de la sociedad. En los dos últimos siglos se ha eliminado casi del todo, en una revolución que ha conmovido a todo el planeta, la abyecta esclavitud, con sus miles o más años de vida. Las mujeres, tratadas durante milenios con aire protector, privadas tradicionalmente de poder político y económico real, se están convirtiendo paulatinamente, incluso en las sociedades más atrasadas, en compañeras iguales de los hombres. Por primera vez en la historia moderna, se consiguió detener grandes guerras de agresión gracias en parte a la revulsión experimentada por los ciudadanos de las naciones agresoras. Las antiguas exhortaciones en bien del fervor nacionalista y del orgullo patriótico han empezado a perder su efectividad. Los niños reciben un trato mejor en todo el mundo, quizás gracias al aumento del nivel de vida. En unas pocas décadas han empezado a producirse cambios globales radicales en la dirección precisa para la supervivencia humana. Se está desarrollando una nueva consciencia que reconoce que somos una especie.

La superstición es cobardía ante lo Divino, escribió Teofrasto, que vivió durante la fundación de la Biblioteca de Alejandría. Habitamos un universo donde los átomos se fabrican en los centros de las estrellas, donde cada segundo nacen mil soles, donde la vida nace entre estallidos gracias a la luz solar y a los relámpagos en los aires y las aguas de planetas jóvenes; donde la materia prima de la evolución biológica se fabrica a veces en la explosión de una estrella a medio camino del centro de la Vía Láctea, donde una cosa tan bella como una galaxia se forma cien mil millones de veces: un Cosmos de quasars y de quarks, de copos de nieve y de luciérnagas, donde puede haber agujeros

negros y otros universos y civilizaciones extraterrestres cuyos mensajes de radio pueden estar alcanzando en este momento la Tierra. ¡Qué pálidas son en comparación con esto las pretensiones de la superstición y de la seudociencia! ¡Qué importante es que hagamos progresar y comprendamos la ciencia, esta empresa característicamente humana!

Cada aspecto de la naturaleza revela un profundo misterio y provoca en nosotros una sensación de maravilla y de reverencia. Teofrasto estaba en lo cierto. Quienes se asustan del universo tal como es, quienes proclaman un conocimiento inexistente y conciben un Cosmos centrado en los seres humanos, preferirán los consuelos pasajeros de la superstición. En vez de enfrentarse con el mundo, lo evitan. Pero quienes tienen el valor de explorar el tejido y la estructura del Cosmos, incluso cuando defiere de modo profundo de sus deseos y prejuicios, penetrarán en sus misterios más profundos.

No hay ninguna otra especie en la Tierra que haga ciencia. Hasta ahora es una invención totalmente humana, que evolucionó por selección natural en la corteza cerebral por una sola razón: porque funciona. No es perfecta. Puede abusarse de ella. Es sólo una herramienta. Pero es con mucho la mejor herramienta de que disponemos, que se autocorriga, que sigue funcionando, que se aplica a todo. Tiene dos reglas. Primera: no hay verdades sagradas; todas las suposiciones se han de examinar críticamente; los argumentos de autoridad carecen de valor. Segunda: hay que descartar o revisar todo lo que no cuadre con los hechos. Tenemos que comprender el Cosmos tal como es y no confundir lo que es con lo que queremos que sea. Lo obvio es a veces falso, lo inesperado es a veces cierto. Las personas comparten en todas partes los mismos objetivos cuando el contexto es lo suficientemente amplio. Y el estudio del Cosmos proporciona el contexto más amplio posible. La actual cultura global es una especie de arrogante advenedizo. Llega a la escena planetario siguiendo a otros actos que han tenido lugar durante cuatro mil quinientos millones de años, y después de echar un vistazo a su alrededor, en unos pocos miles de años, se declara en posesión de verdades eternas. Pero en un mundo que está cambiando tan de prisa como el nuestro, esto constituye una receta para el desastre. No es imaginable que ninguna nación, ninguna religión, ningún sistema económico, ningún sistema de conocimientos tenga todas las respuestas para nuestra supervivencia. Ha de haber muchos sistemas sociales que funcionarían mucho mejor que los existentes hoy en día. Nuestra tarea, dentro de la tradición científica, es encontrarlos.

Sólo en un punto de la historia pasada hubo la promesa de una civilización científica brillante. Era beneficiaria del Despertar jónico, y tenía su ciudadela en la Biblioteca de Alejandría, donde hace 2 000 años las mejores mentes de la antigüedad establecieron las bases del estudio sistemático de la matemática, la física, la biología, la astronomía, la literatura, la geografía y la medicina. Todavía estamos construyendo sobre estas bases. La Biblioteca fue construida y sostenida por los Tolomeos, los reyes griegos que heredaron la porción egipcia del imperio de Alejandro Magno. Desde la época de su creación en el siglo

tercero a. de C. hasta su destrucción siete siglos más tarde, fue el cerebro y el corazón del mundo antiguo.

Aleandría era la capital editorial del planeta. Como es lógico no había entonces prensas de imprimir. Los libros eran caros, cada uno se copiaba a mano. La Biblioteca era depositaria de las copias más exactas del mundo. El arte de la edición crítica se inventó allí. El Antiguo Testamento ha llegado hasta nosotros principalmente a través de las traducciones griegas hechas en la Biblioteca de Alejandría. Los Tolomeos dedicaron gran parte de su enorme riqueza a la adquisición de todos los libros griegos, y de obras de Africa, Persia, la India, Israel y otras partes del mundo. Tolomeo III Evergetes quiso que Atenas le dejara prestados los manuscritos originales o las copias oficiales de Estado de las grandes tragedias antiguas de Sófocles, Esquilo y Eurípides. Estos libros eran para los atenienses una especie de patrimonio cultural; algo parecido a las copias manuscritas originales y a los primeros folios de Shakespeare en Inglaterra. No estaban muy dispuestos a dejar salir de sus manos ni por un momento aquellos manuscritos. Sólo aceptaron dejar en préstamo las obras cuando Tolomeo hubo garantizado su devolución con un enorme depósito de dinero. Pero Tolomeo valoraba estos rollos más que el oro o la plata. Renunció alegremente al depósito y encerró del mejor modo que pudo los originales en la Biblioteca. Los irritados atenienses tuvieron que contentarse con las copias que Tolomeo, un poco avergonzado, no mucho, les regaló. En raras ocasiones un Estado ha apoyado con tanta avidez la búsqueda del conocimiento.

Los Tolomeos no se limitaron a recoger el conocimiento conocido, sino que animaron y financiaron la investigación científica y de este modo generaron nuevos conocimientos. Los resultados fueron asombrosos: Eratóstenes calculó con precisión el tamaño de la Tierra, la cartografió, y afirmó que se podía llegar a la India navegando hacia el oeste desde España. Hiparco anticipó que las estrellas nacen, se desplazan lentamente en el transcurso de los siglos y al final perecen; fue el primero en catalogar las posiciones y magnitudes de las estrellas y en detectar estos cambios. Euclides creó un texto de geometría del cual los hombres aprendieron durante veintitrés siglos, una obra que ayudaría a despertar el interés de la ciencia en Kepler, Newton y Einstein. Galeno escribió obras básicas sobre el arte de curar y la anatomía que dominaron la medicina hasta el Renacimiento. Hubo también, como hemos dicho, muchos más.

Aleandría era la mayor ciudad que el mundo occidental había visto jamás. Gente de todas las naciones llegaban allí para vivir, comerciar, aprender. En un día cualquiera sus puertos estaban atiborrados de mercaderes, estudiosos y turistas. Era una ciudad donde griegos, egipcios, árabes, sirios, hebreos, persas, nubios, fenicios, italianos, galos e íberos intercambiaban mercancías e ideas. Fue probablemente allí donde la palabra *cosmopolita* consiguió tener un sentido auténtico: ciudadano, no de una sola nación, sino del Cosmos. 1 Ser un ciudadano del Cosmos...

Es evidente que allí estaban las semillas del mundo moderno. ¿Qué impidió que arraigaran y florecieran? ¿A qué se debe que Occidente se adormeciera durante mil años de tinieblas hasta que Colón y Copérnico y sus contemporáneos

redescubrieron la obra hecha en Alejandría? No puedo daros una respuesta sencilla. Pero lo que sí sé es que no hay noticia en toda la historia de la Biblioteca de que alguno de los ilustres científicos y estudiosos llegara nunca a desafiar seriamente los supuestos políticos, económicos y religiosos de su sociedad. Se puso en duda la permanencia de las estrellas, no la justicia de la esclavitud. La ciencia y la cultura en general estaban reservadas para unos cuantos privilegiados. La vasta población de la ciudad no tenía la menor idea de los grandes descubrimientos que tenían lugar dentro de la Biblioteca. Los nuevos descubrimientos no fueron explicados ni popularizados. La investigación les benefició poco. Los descubrimientos en mecánica y en la tecnología del vapor se aplicaron principalmente a perfeccionar las armas, a estimular la superstición, a divertir a los reyes. Los científicos nunca captaron el [potencia] de las máquinas para liberar a la gente .3 Los grandes logros intelectuales de la antigüedad tuvieron pocas aplicaciones prácticas inmediatas. La ciencia no fascinó nunca la imaginación de la multitud. No hubo contrapeso al estancamiento, al pesimismo, a la entrega más abyecta al misticismo. Cuando al final de todo, la chusma se presentó para quemar la Biblioteca no había nadie capaz de detenerla.

El último científico que trabajó en la Biblioteca fue una matemática, astrónomo, física y jefe de la escuela neoplatónica de filosofía: un extraordinario con un to de logros para cualquier individuo de cualquier época. Su nombre era Hipatia. Nació en el año 370 en Alejandría. Hipatia, en una época en la que las mujeres disponían de pocas opciones y eran tratadas como objetos en propiedad, se movió libremente y sin afectación por los dominios tradicionalmente masculinos. Todas las historias dicen que era una gran belleza. Tuvo muchos pretendientes pero rechazó todas las proposiciones matrimoniales. La Alejandría de la época de Hipatia bajo dominio romano desde hacía ya tiempo era una ciudad que sufría graves tensiones. La esclavitud había agotado la vitalidad de la civilización clásica. La creciente Iglesia cristiana estaba consolidando su poder e intentando extirpar la influencia y la cultura paganas. Hipatia estaba sobre el epicentro de estas poderosas fuerzas sociales. Cirilo, el arzobispo de Alejandría, la despreciaba por la estrecha amistad que ella mantenía con el gobernador romano y porque era un símbolo de cultura y de ciencia, que la primitiva Iglesia identificaba en gran parte con el paganismo. A pesar del grave riesgo personal que ello suponía, continuó enseñando y publicando, hasta que en el año 415, cuando iba a trabajar, cayó en manos de una turba fanática de feligreses de Cirilo. La arrancaron del carruaje, rompieron sus vestidos y, armados con conchas marinas, la desollaron arrancándole la carne de los huesos. Sus restos fueron quemados, sus obras destruidas, su nombre olvidado. Cirilo fue proclamado santo.

La gloria de la Biblioteca de Alejandría es un recuerdo lejano. Sus últimos restos fueron destruidos poco después de la muerte de Hipatia. Era como si toda la civilización hubiese sufrido una operación cerebral infligida por propia mano, de modo que quedaron extinguidos irrevocablemente la mayoría de sus memorias, descubrimientos, ideas y pasiones. La pérdida fue incalculable. En

algunos casos sólo conocemos los atormentadores títulos de las obras que quedaron destruidas. En la mayoría de los casos no conocemos ni los títulos ni los autores. Sabemos que de las 123 obras teatrales de Sófocles existentes en la Biblioteca sólo sobrevivieron siete. Una de las siete es *Edipo rey*. Cifras similares son válidas para las obras de Esquilo y de Eurípides. Es un poco como si las únicas obras supervivientes de un hombre llamado William Shakespeare fueran *Coriolano* y *Un cuento de invierno*, pero supiéramos que había escrito algunas obras más, desconocidas por nosotros pero al parecer apreciadas en su época, obras tituladas *Hamlet*, *Macbeth*, *Julio César*, *El rey Lear*, *Romeo y Julieta*.

No queda ni un solo rollo procedente del contenido físico de aquella gloriosa Biblioteca. En la moderna Alejandría pocas personas poseen una apreciación aguda, y mucho menos un conocimiento detallado de la Biblioteca alejandrina o de la gran civilización egipcia que la precedió durante miles de años. Acontecimientos más recientes y otros imperativos culturales han tomado la primacía. Lo propio es cierto en todo el mundo. El contacto que tenemos con nuestro pasado es muy tenue. Y sin embargo, a cuatro pasos de los restos del Serapeo hay recuerdos de muchas civilizaciones: esfinges enigmáticas del Egipto faraónico, una gran columna erigida al emperador romano Diocleciano por un lacayo provincial porque impidió que los ciudadanos de Alejandría murieran totalmente de hambre; una iglesia cristiana, muchos minaretes, y el sello de la civilización industrial moderna: bloques de apartamentos, automóviles, autobuses, suburbios urbanos, una torre de enlace de microondas. Hay un millón de hilos del pasado entretejidos formando las cuerdas y cables del mundo moderno.

Nuestros logros se basan en los logros de 40 000 generaciones de predecesores humanos nuestros, de los cuales, excepto una diminuta fracción, ignoramos el nombre y los olvidamos. De vez en cuando damos por azar con una civilización importante, como la antigua cultura de Ebla, que floreció hace sólo unos miles de años y sobre la cual lo ignorábamos todo. ¡Qué ignorantes somos de nuestro pasado! Inscripciones, papiros, libros, enlazan a la especie humana a través del tiempo y nos permiten oír las voces dispersas y los gritos lejanos de nuestros hermanos y hermanas, de nuestros antepasados. ¡Y qué placer reconocer que se parecen tanto a nosotros!

Hemos dedicado la atención de este libro a algunos de nuestros antepasados cuyos nombres se han perdido: Eratóstenes, Demócrito, Aristarco, Hipatia, Leonardo, Kepler, Newton, Huygens, Champollion, Humason, Goddard, Einstein, todos pertenecientes a la cultura occidental, porque la civilización científica que está emergiendo en nuestro planeta es principalmente una civilización occidental; pero todas las culturas China, India, Africa occidental, América central han hecho contribuciones importantes a nuestra sociedad global y tuvieron sus pensadores semanales. Gracias a los avances tecnológicos en comunicaciones, nuestro planeta está en las fases finales del proceso que lo convertirá al galope en una sociedad global única y entrelazada. Si podemos

conseguir la integración de la Tierra sin borrar las diferencias culturales ni destruirnos, habremos logrado una gran cosa.

Cerca del lugar que ocupó la Biblioteca alejandrina hay actualmente una esfinge sin cabeza esculpida en la época del faraón Horemheb, en la dinastía dieciocho, un milenio antes de Alejandro. Desde este cuerpo leonino se ve fácilmente una moderna torre de enlace por microondas. Entre ellos corre el hilo ininterrumpido de la historia de la especie humana. De la esfinge a la torre hay un instante de tiempo cósmico: un momento dentro de los quince mil millones de años, más o menos, que han transcurrido desde el *big bang*. Los vientos del tiempo se han llevado casi todo rastro del paso del universo de entonces al de ahora. Las pruebas de la evolución cósmica han quedado asoladas de modo más absoluto que los rollos de papiro de la Biblioteca alejandrina. Y sin embargo, gracias al valor y a la inteligencia, hemos llegado a vislumbrar algo de este camino serpenteante por el cual han avanzado nuestros antepasados y nosotros mismos.

El Cosmos careció de forma, durante un número desconocido de eras que siguieron a la efusión explosiva de materia y energía *del big bang*. No había galaxias, ni planetas, ni vida. En todas partes había una oscuridad profunda e impenetrable, átomos de hidrógeno en el vacío. Aquí y allí estaban creciendo imperceptiblemente acumulaciones más densas de gas, se estaban condensando globos de materia: gotas de hidrógeno de masa superior a soles. Dentro de estos globos de gas se encendió por primera vez el fuego nuclear latente en la materia. Nació una primera generación de estrellas que inundó el Cosmos de luz. No había todavía en aquellos tiempos planetas que pudieran recibir la luz, ni seres vivientes que admiraran el resplandor de los cielos. En el profundo interior de los hornos estelares la alquimia de la fusión nuclear creó elementos pesados, las cenizas de la combustión del hidrógeno, los materiales atómicos para construir futuros planetas y formas vivas. Las estrellas de gran masa agotaron pronto sus reservas de combustible nuclear. Sacudidas por explosiones colosales, retornaron la mayor parte de su sustancia al tenue gas de donde se habían condensado. Allí, en las nubes oscuras y exuberantes entre las estrellas, se estaban formando nuevas gotas constituidas por muchos elementos, generaciones posteriores de estrellas que estaban naciendo. Cerca de ellas crecieron gotas más pequeñas, cuerpos demasiado pequeños para encender el fuego nuclear, pequeñas gotas en la niebla estelar que seguían su camino para formar los planetas. Y entre ellos había un mundo pequeño de piedra y de hierro, la Tierra primitiva.

La Tierra, después de coagularse y de calentarse, liberó los gases de metano, amoníaco, agua e hidrógeno que habían quedado encerrados en su interior, y formó la atmósfera primitiva y los primeros océanos. Luz estelar procedente del Sol bañó y calentó la Tierra primigenia, provocó tempestades, generó relámpagos y truenos. Los volcanes se desbordaron de lava. Estos procesos fragmentaron las moléculas de la atmósfera primitiva; los fragmentos se juntaron de nuevo dando formas cada vez más complejas, que se disolvieron en los primitivos océanos. Al cabo de un tiempo los mares alcanzaron la consistencia



de una sopa caliente y diluida. Se organizaron moléculas, y se dio impulso a complejas reacciones químicas, sobre la superficie de arcillas. Y un día surgió una molécula que por puro accidente fue capaz de fabricar copias bastas de sí misma a partir de las demás moléculas del caldo. A medida que pasaba el tiempo surgían moléculas autorreproductoras más complicadas y precisas. El cedazo de la selección natural favoreció las combinaciones más aptas para ser reproducidas de nuevo. Las que copiaban mejor producían más copias. Y el primitivo caldo oceánico se fue diluyendo a medida que se consumía y se transformaba en condensaciones complejas de moléculas orgánicas autorreproductoras. La vida había empezado de modo paulatino e imperceptible.

Evolucionaron plantas unicelulares, y la vida empezó a generar su propio alimento. La fotosíntesis transformó la atmósfera. Se inventó el sexo. Formas que antes vivían libres se agruparon para constituir una célula compleja con funciones especializadas. Evolucionaron los receptores químicos, y el Cosmos pudo catar y oler. Organismos unicelulares evolucionaron dando colonias multicelulares, que elaboraban sus diversas partes transformándolas en sistemas de órganos especializados. Evolucionaron ojos y oídos, y ahora el Cosmos podía ver y oír. Las plantas y los animales descubrieron que la tierra podía sostener la vida. Los organismos zumbaban, se arrastraban, barrenaban, rodaban, se deslizaban, se agitaban, temblaban, escalaban y flotaban. Bestias colosales hacían resonar las junglas humeantes. Emergieron pequeñas criaturas, nacidas vivas y no en recipientes de cáscara dura, con un fluido parecido a los primeros océanos que les recorrían las venas. Sobrevivieron gracias a su rapidez y a su astucia. Y luego, hace sólo un momento, unos determinados animales arbóreos se bajaron de los árboles y se dispersaron. Su postura se hizo erecta y se enseñaron a sí mismos el uso de herramientas, domesticaron otros animales, plantas y el fuego, e idearon el lenguaje. La ceniza de la alquimia estelar estaba emergiendo ahora en forma de consciencia. A un ritmo cada vez más acelerado inventó la escritura, las ciudades, el arte y la ciencia y envió naves espaciales a los planetas y a las estrellas. Éstas son algunas de las cosas que los átomos de hidrógeno hacen si se les da quince mil millones de años de evolución cósmica.

Suena como un mito épico, y con razón. Pero es simplemente una descripción de la evolución cósmica tal como la ciencia de nuestro tiempo nos la revela. Somos difíciles de conseguir y un peligro para nosotros mismos. Pero cualquier historia de la evolución cósmica demuestra con claridad que todas las criaturas de la Tierra, lo último que ha manufacturado la industria del hidrógeno galáctico, son seres dignos de aprecio. En otras partes pueden haber otras transmutaciones de la materia, igualmente asombrosas, y por esto intentamos captar, esperanzados, un zumbido en el cielo.

Hemos sostenido la idea peculiar de que una persona o una sociedad algo diferente de nosotros, seamos quienes seamos, es algo extraño o raro, de lo cual hay que desconfiar o que ha de repugnarnos. Pensemos en las connotaciones negativas de palabras como *comoforastero* o *extranjero*. Y sin embargo los monumentos y culturas de cada una de nuestras civilizaciones representan

simplemente maneras diferentes del ser humano. Un visitante extraterrestre que estudiara las diferencias entre los seres humanos y sus sociedades, encontraría estas diferencias triviales en comparación con las semejanzas. Es posible que el Cosmos esté poblado por seres inteligentes. Pero la lección darviniana es clara: no habrá humanos en otros lugares. Solamente aquí. Sólo en este pequeño planeta. Somos no sólo una especie en peligro sino una especie rara. En la perspectiva cósmica cada uno de nosotros es precioso. Si alguien está en desacuerdo contigo, déjalo vivir. No encontrarás a nadie parecido en cien mil millones de galaxias.

La historia humana puede entenderse como un lento despertar a la consciencia de que somos miembros de un grupo más amplio. Al principio nos debimos lealtad a nosotros mismos y a nuestra familia inmediata, luego a bandas de cazadores recolectores nómadas, luego a tribus, pequeños asentamientos, estadosciudad, naciones. Hemos ampliado el círculo de las personas a las cuales amamos. Hemos organizado ahora lo que calificamos modestamente de superpotencias, que incluyen grupos de personas de orígenes étnicos y culturas divergentes que en cierto sentido trabajan unidas; lo cual es desde luego una experiencia humanizadora y forinadora del carácter. Para poder sobrevivir tenemos que ampliar todavía más el ámbito de nuestra lealtad para incluir a la comunidad humana entera, a todo el planeta Tierra. Muchos de los que gobiernan las naciones encuentran desagradable una idea así. Temerán perder poder. Tendremos ocasión de oír muchos discursos sobre traición y deslealtad. Las naciones Estado ricas tendrán que compartir su riqueza con las pobres. Pero nuestra alternativa, como dijo H. G. Wells en un contexto diferente, es claramente o el universo o nada.

Hace unos pocos millones de años no había hombres. ¿Quién estará aquí dentro de unos cuantos millones de años? En los 4 600 millones de años de la historia de nuestro planeta puede decirse que nunca salió nada de él. Pero ahora diminutas naves espaciales exploradoras sin tripulación procedentes de la Tierra se están desplazando, relucientes y elegantes, a través del sistema solar. Hemos llevado a cabo un reconocimiento preliminar de veinte mundos, entre ellos todos los planetas visibles a simple vista, todas estas luminarias nocturnas y errantes que provocaron en nuestros antepasados el deseo de comprender y el éxtasis. Si sobrevivimos, nuestra época será famosa por dos motivos: porque en este momento peligroso de la adolescencia técnica conseguimos evitar la autodestrucción, y porque es ésta la época en que iniciamos nuestro camino hacia las estrellas.

La elección es dura e irónica. Los mismos cohetes impulsores utilizados para lanzar sondas a los planetas están instalados y a punto para enviar cabezas de guerra nucleares a las naciones. Las fuentes radiactivas de energía en los Viking y Voyager derivan de la misma tecnología que fabrica armas nucleares. Las técnicas de radio y de radar utilizadas para seguir y guiar misiles balísticos y para defenderse contra ataques se utilizan también para controlar y dirigir las naves espaciales hacia los planetas y para escuchar señales de civilizaciones cercanas a otras estrellas. Si utilizamos estas tecnologías para destruimos, es

seguro que no nos aventuraremos más hacia los planetas y las estrellas. Pero la inversa es también cierta. Si continuamos hacia los planetas y las estrellas, nuestro chauvinismo recibirá un golpe más. Ganaremos una perspectiva cósmica. Reconoceremos que nuestras exploraciones sólo pueden llevarse a cabo en beneficio de toda la gente que habita el planeta Tierra. Invertiremos nuestras energías en una empresa dedicada no a la muerte sino a la vida: la expansión de nuestra comprensión de la Tierra y de sus habitantes y la búsqueda de vida en otros lugares. La exploración espacial con tripulación y sin ella utiliza muchas de las mismas capacidades tecnológicas y organizativas, y exige las mismas cualidades de valor y de osadía que la empresa de la guerra. Si llegara una época de auténtico desarme antes de la guerra nuclear, estas exploraciones permitirán que los grupos de presión militar e industrial de las grandes potencias se comprometan al final en una empresa intachable. Los intereses comprometidos en la preparación de la guerra podrían reinvertirse fácilmente en la exploración del Cosmos.

Un programa razonable y a pesar de todo ambicioso de exploración sin tripulaciones de los planetas es caro. La tabla de la página 342 muestra el presupuesto de las ciencias espaciales en los Estados Unidos. Los gastos comparables de la Unión Soviética son unas cuantas veces superiores. Estas sumas representan unidas el equivalente de dos o tres submarinos nucleares por década, o los costes adicionales no previstos de un único sistema de armamento en un solo año. En el último trimestre de 1979 el coste del programa de construcción del avión U.S.F./A 18 aumentó en 500 millones de dólares, y el F 16 en 3 400 millones. Se ha gastado bastante menos en los programas planetarios no tripulados de los Estados Unidos y de la Unión Soviética, conjuntamente y desde su inicio, que en los vergonzosos derroches del bombardeo de los EE.UU. sobre Camboya entre 1970 y 1975, una decisión de política nacional que costó 7 000 millones de dólares. El coste total de una misión como la del Viking a Marte o la del Voyager al sistema solar exterior es inferior a la de la invasión soviética de Afganistán en 1979-1980. El dinero gastado en la exploración espacial, gracias al empleo técnico y al estímulo que supone para la alta tecnología, tiene un efecto multiplicador sobre la economía. Un estudio sugiere que por cada dólar gastado en los planetas retornan siete dólares a la economía nacional. Y sin embargo, hay muchas misiones importantes y totalmente factibles que no se han intentado por falta de fondos: entre ellas vehículos terrestres para que exploren la superficie de Marte, una cita cometaria, sondas de aterrizaje en Titán y una búsqueda a plena escala de señales de radio procedentes de otras civilizaciones del espacio.

El coste de proyectos importantes del espacio por ejemplo bases permanentes en la Luna o la exploración humana de Marte es tan grande que no creo que se intenten en un futuro muy cercano si no conseguimos progresos espectaculares en el desarme nuclear y convencional. Incluso en este caso es probable que haya necesidades más urgentes en la Tierra. Pero no dudo que si evitamos la autodestrucción, más tarde o más temprano llevaremos a cabo estas misiones. Es casi imposible mantener una sociedad estática. Hay una especie de interés

**sicológico compuesto: basta una pequeña tendencia a las economías, a volverle la espalda al Cosmos, para que el resultado sumado al cabo de muchas generaciones sea una decadencia señalada. Y a la inversa, basta un ligero compromiso para aventurarse más allá de la Tierra en lo que siguiendo a Colón podríamos denominar la empresa de las estrellas para que se acumule al cabo de muchas generaciones y dé una presencia humana señalada en otros mundos, el placer de participar en el Cosmos.**

**Hace unos 3,6 millones de años, en lo que es actualmente el norte de Tanzania, un volcán entró en erupción; la nube resultante de cenizas cubrió la sabana de los alrededores. En 1979 la paleoantropóloga Mary Leakey descubrió en estas cenizas huellas de pies, huellas de pies que según ella son de un primitivo homínido, quizás de un antepasado de todos nosotros, habitantes de la Tierra actual. Y a 380 000 kilómetros de distancia, en una llanura plana y seca que los hombres en un momento de optimismo llamaron Mar de la Tranquilidad, hay otra huella de pie dejada por el primer hombre que caminó por otro mundo. Hemos llegado lejos en 3,6 millones de años, y en 4 600 millones y en 15 000 millones.**

**Porque nosotros somos la encarnación local de Cosmos que ha crecido hasta tener consciencia de sí. Hemos empezado a contemplar nuestros orígenes: sustancia estelar que medita sobre las estrellas? Conjuntos organizados de decenas de miles de billones de billones de átomos que consideran la evolución de los átomos y rastrean el largo camino a través del cual llegó a surgir la consciencia, por lo menos aquí. *Nosotros* hablamos en nombre de la Tierra. Debemos nuestra obligación de sobrevivir no sólo a nosotros sino también a este Cosmos, antiguo y vasto, del cual procedemos.**

# CARL SAGAN

## EL CEREBRO DE BROCA

Reflexiones sobre  
el apasionante  
mundo de la  
ciencia

**grijalbo**



## **EL CEREBRO DE BROCA**

**CARL SAGAN**

Titulo Original en ingles: Broca's Brain

Traducción: Doménech Bregada (Cap 1 al 7) y José Chabás (Cap 8 al 25) de la 1 edic. de Random House, Inc., Nueva York, 1970.

(c) 1974, 1975, 1976, 1977, 1978, 1979, Carl Sagan

(c) 1981, Ediciones Gribaldo, S.A.

Déu i Mata N°98. Barcelona 08029. España

D.R. (c) 1984 por Editorial Gribaldo, S.A. de C.V.

Calz. San Bartolo Naucalpán N°282

Miguel Hidalgo, México, D.F.

ISBN 968-419-420-X

Edición Electrónica: U.L.D.

## **Agradecimientos**

En cuanto a discusión de puntos específicos abordados en el texto, estoy en deuda con un buen número de amigos, corresponsales y colegas, entre los que se incluyen Diane Ackerman, D.W.G. Arthur, James Bakalar, Richard Berendzen, Norman Bloom, S. Chandrasekhar, dark Chapman, Sidney Coleman, Yves Coppens, Judy-Lynn del Rey, Frank Drake, Stuart Edelstein, Paul Fox, D. Carleton Gajdusek, Owen Gingerich, Thomas Gold, J. Richard Gott III, Steven J. Gould, Lester Grinspoon, Stanislav Groff, J. U. Gunter, Robert Horvitz, James W. Kalat, B. Gentry Lee, Jack Lewis, Marvin Minsky, David Morrison, Philip Morrison, Bruce Murray, Phileo Nash, Tobias Owen, James Pollack, James Randi, E.E. Salpeter, Stuart Shapiro, Gunther Stent, O.B. Toon, Joseph Veverka, EA. Whitaker y A. Thomas Young.

Este libro debe mucho, en todos los estadios de su producción, a la dedicación y competentes esfuerzos de Susan Lang, Carol Lane y, muy particularmente, a Shirley Arden, mi secretaria particular.

Debo especial gratitud a Ann Druyan y Steven Soter por su generosa ayuda y estimulantes comentarios sobre buena parte de los temas tratados en el libro. Ann ha contribuido esencialmente en la mayor parte de los capítulos y en la elección del título. Mi deuda para con ella es inmensa.

## Indice

<a href="#">Indice</a> .....	4
<b><a href="#">Introducción</a></b> .....	<b>5</b>
<b><a href="#">Primera Parte: CIENCIA E INTERÉS HUMANO</a></b> .....	<b>7</b>
1. <a href="#">EL CEREBRO DE BROCA</a> .....	7
2. <a href="#">¿PODEMOS CONOCER EL UNIVERSO? REFLEXIONES SOBRE UN GRANO DE SAL</a> .....	14
3. <a href="#">ESTE MUNDO QUE NOS LLAMA COMO UNA LIBERACIÓN</a> .....	18
4. <a href="#">ELOGIO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA</a> .....	27
<b><a href="#">Segunda Parte: LOS FABRICANTES DE PARADOJAS</a></b> .....	<b>33</b>
5. <a href="#">SONÁMBULOS Y TRAFICANTES EN MISTERIOS: SENTIDO Y SINSENTIDO EN LAS FRONTERAS DE LA CIENCIA</a> .....	33
6. <a href="#">ENANAS BLANCAS Y HOMBRECILLOS VERDES</a> .....	49
7. <a href="#">VENUS Y EL DOCTOR VELIKOVSKY</a> .....	60
8. <a href="#">NORMAN BLOOM, MENSAJERO DE DIOS</a> .....	93
9. <a href="#">CIENCIA FICCIÓN: UN PUNTO DE VISTA PERSONAL</a> .....	99
<b><a href="#">Tercera Parte: NUESTRO ESPACIO PRÓXIMO</a></b> .....	<b>105</b>
10. <a href="#">LA FAMILIA DEL SOL</a> .....	105
11. <a href="#">UN PLANETA LLAMADO JORGE</a> .....	112
12. <a href="#">VIDA EN EL SISTEMA SOLAR</a> .....	121
13. <a href="#">TITÁN, LA ENIGMÁTICA LUNA DE SATURNO</a> .....	125
14. <a href="#">LOS CLIMAS DE LOS PLANETAS</a> .....	129
15. <a href="#">CALÍOPE Y LA CAABA</a> .....	135
16. <a href="#">LA EDAD DE ORO DE LA EXPLORACIÓN PLANETARIA</a> .....	139
<b><a href="#">Cuarta Parte: EL FUTURO</a></b> .....	<b>146</b>
17. <a href="#">«¿PUEDES ANDAR MAS DEPRISA?»</a> .....	146
18. <a href="#">A MARTE, A TRAVÉS DEL CEREZO</a> .....	150
19. <a href="#">EXPERIENCIAS EN EL ESPACIO</a> .....	154
20. <a href="#">EN DEFENSA DE LOS ROBOTS</a> .....	160
21. <a href="#">PASADO Y FUTURO DE LA ASTRONOMÍA NORTEAMERICANA</a> .....	168
22. <a href="#">LA BÚSQUEDA DE INTELIGENCIA EXTRATERRESTRE</a> .....	179
<b><a href="#">Quinta Parte: CUESTIONES PROSTERAS</a></b> .....	<b>186</b>
23. <a href="#">EL SERMÓN DOMINICAL</a> .....	186
24. <a href="#">COTT Y LAS TORTUGAS</a> .....	194
25. <a href="#">EL UNIVERSO AMNIÓTICO</a> .....	200



## Introducción

Vivimos en una época extraordinaria. Son tiempos de cambios pasmosos en la organización social, el bienestar económico, los preceptos morales y éticos, las perspectivas filosóficas y religiosas y el conocimiento que tiene el hombre de sí mismo, así como en nuestra comprensión de este inmenso universo que nos acoge como grano de arena dentro de un océano cósmico. Desde que el hombre es hombre se ha venido interrogando acerca de una serie de cuestiones profundas y fundamentales, que nos evocan maravillas y, cuando menos, estimulan un conocimiento provisional y dubitativo. Son preguntas sobre los orígenes de la conciencia, la vida sobre nuestro planeta, los primeros tiempos de la Tierra, la formación del Sol, la posibilidad de que existan seres inteligentes en alguna otra parte de la inmensidad celeste. Y la más ambiciosa e inquietante de todas, ¿cuál es el origen, naturaleza y destino último del universo? Excepto en las más recientes fases de la historia humana, todos estos temas habían sido competencia exclusiva de filósofos y poetas, chamanes y teólogos. La diversidad y mutua contradicción entre las respuestas ofrecidas ya era claro indicio de que muy pocas de las soluciones propuestas podían ser correctas. Pero hoy, como resultado del conocimiento tan penosamente arrancado a la naturaleza a través de generaciones dedicadas a pensar, observar y experimentar cuidadosamente, estamos a punto de vislumbrar unas primeras respuestas aproximadas a muchas de ellas.

Hay una serie de temas que entretienen la estructura del presente libro. Aparecen tempranamente, desaparecen durante unos cuantos capítulos, y acaban por saltar de nuevo a la luz dentro de un contexto generalmente distinto. Entre ellos, cabe citar los placeres y consecuencias sociales de la empresa científica, la pseudociencia o ciencia pop, el tema de las doctrinas religiosas y su estrecha vinculación con el anterior, la exploración de los planetas y la busca de vida extraterrestre; y también, Albert Einstein, cuando se cumple el centenario de su nacimiento. La mayor parte de los capítulos que componen el texto puede leerse independiente-mente, pero el orden expositivo de las ideas aportadas ha sido escogido con cierto cuidado. Como ya sucede en alguno de mis libros anteriores, no he vacilado en incluir consideraciones de orden social, político o histórico siempre que lo he creído necesario. La atención prestada a las pseudociencias puede parecer curiosa a ciertos lectores. Los cultivadores de la ciencia popular recibieron años ha el apelativo de «fabricantes de paradojas» (*paradoxers*), curiosa expresión acuñada en Inglaterra el siglo pasado para designar a quienes inventan elaboradas e indemostradas explicaciones cuando la ciencia ya había llegado mucho antes a la comprensión de los problemas y los explicaba en términos mucho más simples. Hoy en día nos vemos invadidos por fabricantes de paradojas. La actitud usual del científico es ignorarlos a la espera de que acaben por desaparecer. Creo que sería útil, o como mínimo interesante, examinar con mayor atención las pretensiones y argumentos de alguno de estos fabricantes de paradojas y confrontarlos con los de otros sistemas de creencias tanto científicas como religiosas.

Tanto las pseudociencias como la mayoría de las religiones están parcialmente motivadas por un interés en conocer la naturaleza del universo y nuestro papel en el, razón por la que merecen toda nuestra consideración y atención. Además, creo que muchas religiones pueden encerrar un intento serio de enfrentarse con profundos misterios de nuestras historias individuales, tal como se analiza en el último capítulo. Pero tanto la pseudociencia como la religión organizada encierran muchos engaños y peligros. Aunque los practicantes de tales doctrinas suelen desear que no existan críticas que precisen de una réplica por su parte, tanto en ciencia como en religión el único medio de separar las intuiciones más fructíferas de los más profundos sinsentidos es el recurso a un examen escéptico. Espero que las observaciones críticas que vierto en estas páginas sean reconocidas como un intento constructivo. Creo muy acertada la observación de que todas las ideas tienen idéntico mérito, bastante distinta de la catastrófica creencia de que ninguna idea tiene mérito alguno.

Por tanto, este libro trata de la exploración del universo y de la de nuestro propio interior, es decir, tiene la ciencia como tema. Quizá parezca muy diversificada la panoplia de temas, desde un cristal de sal a la estructura del cosmos, mitos y leyendas, nacimiento y muerte,

robots y climatología, exploración de los planetas, naturaleza de la inteligencia o búsqueda de vida fuera de nuestro planeta. Pero, y así espero que se capte, todos estos temas se vinculan porque existen relaciones entre las diversas partes del cosmos, y también porque los seres humanos perciben el mundo a través de órganos sensitivos, cerebros o experiencias que quizá no reflejen las realidades externas con absoluta fidelidad.

Todos y cada uno de los capítulos de *El cerebro de Broca* se han escrito para una audiencia sin distinciones. Pocos son los casos en que he incluido ocasionalmente algún detalle técnico (por ejemplo, en «Venus y el doctor Velikovsky», «Norman Bloom, mensajero de Dios», «Experimentos en el espacio» y «Pasado y futuro de la astronomía norteamericana»). No obstante, no hay necesidad alguna de comprender dichos detalles para poder captar el hilo argumental de la discusión.

Algunas de las ideas que desarrollo en los capítulos 1 y 25 las presente inicialmente ante la Asociación Psiquiátrica Americana en una conferencia en memoria de William Menninger, celebrada en Atlanta, Georgia, en mayo de 1978. El capítulo 16 está inspirado en un discurso de sobremesa de la reunión anual que celebra el Club Nacional del Espacio (Washington, D.C., abril de 1977). El capítulo 18, en mi ponencia ante el simposio conmemorativo del primer vuelo de un cohete propulsado por combustible líquido, organizado por la Institución Smithsonian y celebrado en Washington, D.C., en marzo de 1976. El capítulo 23, en un sermón pronunciado ante la Sage Chapel Convocation de la Universidad de Cornell en noviembre de 1977. Y el capítulo 7, en una charla mantenida en la reunión anual de la Asociación Americana para el Progreso de la Ciencia en febrero de 1974.

Este libro se escribe poco antes -por lo menos, yo creo que pocos años o décadas antes- de que arranquemos del cosmos las respuestas a muchas de nuestras engorrosas y algo reverenciales interrogaciones sobre orígenes y destinos. Si antes no nos autodestruimos, buena parte de nosotros llegará a conocer las respuestas. Si hubiésemos nacido cincuenta años antes, hubiéramos podido maravillarnos, meditar y especular sobre los temas indicados, pero sin poder *hacer* nada por descifrarlos. Si nació dentro de cincuenta años, creo que ya se habrían descubierto los enigmas. Nuestros hijos conocerán y aprenderán las respuestas antes de que hayan tenido ni la menor posibilidad de formularse las preguntas. La época más exquisita, satisfactoria y estimulante para vivir es aquella en la que pasamos de la ignorancia al conocimiento de estas cuestiones fundamentales, la época en que comenzamos maravillándonos y terminaremos por comprender. Dentro de los 4.000 millones de años de historia de la vida sobre nuestro planeta, dentro de los 4 millones de años de historia de la familia humana, hay una sola generación privilegiada que podrá vivir este momento único de transición: la nuestra.

*Ithaca, Nueva York, Octubre de 1978*

# Primera Parte: CIENCIA E INTERÉS HUMANO

## 1. EL CEREBRO DE BROCA

—Ayer, sólo eran monos. Dales tiempo.  
—Pues si eran monos, quien tuvo retuvo...  
—No, esta vez será diferente... Vuelve dentro de  
alrededor de un siglo y verás...

Los dioses, hablando de la Tierra, en la versión  
cinematográfica del libro de H. G. WELLS, *El hombre  
que podía hacer milagros* (1936)

En cierto sentido, el Musée de l'Homme no se diferenciaba de muchos otros. Situado sobre un suave promontorio, desde su restaurante podía captarse una hermosa perspectiva de la torre Eiffel. Estábamos allí para conversar con Yves Coppens, eminente paleo-antrópologo y competente director adjunto del museo. Coppens ha estudiado nuestros ancestros, cuyos fósiles proceden de la garganta de Olduvai, en Kenia y Tanzania, y del lago Turkana, en Etiopía. Hace unos dos millones de años vivían en el este de África unas criaturas a las que denominamos *Homo habilis*, de una estatura aproximada de 1,20 metros, que construían y utilizaban herramientas de piedra, que quizá llegaban a construir viviendas muy simples y cuyos cerebros, a lo largo de un espectacular proceso de acrecentamiento, llegarían a transformarlos en lo que somos hoy en día.

Las instituciones museísticas de este tipo tienen un rostro público y otro privado. La vertiente pública incluye los materiales etnográficos y de antropología cultural expuestos al visitante: vestidos de mongoles o telas pintadas por nativos americanos, algunas quizá preparadas especialmente para que las compraran los *voyageurs* y los emprendedores antropólogos franceses. Pero en su trastienda se albergan otras muchas cosas: gente encargada de preparar las diferentes exposiciones; vastas salas que sirven de almacén a objetos inadecuados para su presentación al público, ya sea por el tema que tratan o por razones de espacio; áreas en las que trabaja el personal dedicado a la investigación. Fuimos conducidos a través de oscuros laberintos y mohosas salas, que iban desde angostos cubículos a amplias rotondas. En los pasillos se amontonaban materiales de investigación: una reconstrucción del suelo de una cueva paleolítica en la que se mostraba el lugar donde habían sido arrojados los huesos de antílope tras la comida del día; estatuillas priápicas de madera procedentes de la Melanesia; utensilios de comida delicadamente decorados; grotescas máscaras ceremoniales; azagayas de Oceanía; un mohoso cartel representando a una esteatopigia mujer de África; un lóbrego y húmedo almacén lleno hasta el techo de los más diversos instrumentos musicales, desde instrumentos de cuerda con calabazas como cajas de resonancia, flautas de Pan hechas con caña, cajas de percusión con pieles de diversos animales y otras innumerables muestras de los indomables impulsos que siempre ha sentido el hombre hacia la creación musical.

Aquí y allí podían verse unas pocas personas ocupadas en labores de investigación, cuyo porte y maneras distantes y respetuosas contrastaban vivamente con la cordial capacidad bilingüe de Coppens. Obviamente, la mayor parte de las salas estaban destinadas al almacenamiento de materiales antropológicos recogidos y coleccionados durante más de un siglo. Se tenía la sensación de transitar por un museo de segundo orden en el que se habían recogido materiales no tanto porque tuvieran demasiado interés sino porque tal vez lo habían tenido en otros tiempos pretéritos. Podía percibirse en el ambiente la presencia de los directores del museo durante el siglo XIX, cubiertos con sus levitas ocupados básicamente en trabajos de *goniométrie* y *craniologie*, febrilmente entregados a

coleccionarlo y medirlo todo con la pía esperanza de que la mera cuantificación podía llevarles hasta la comprensión de los interrogantes planteados.

Aun existía otra zona del museo más recóndita, una extraña mezcla de activo centro de investigación y de vitrinas, armarios y anaqueles franca y totalmente abandonados. Aquí, la reconstrucción de un esqueleto articulado de orangután. Allí, una amplia mesa cubierta de cráneos humanos pulcramente clasificados. Mas allá, un cajón lleno de fémures apilados en la alacena del material del conserje de una escuela. Existía también una demarcación donde se alineaban restos neanderthalienses, entre ellos el primer cráneo reconstruido de un hombre de Neanderthal, obra de Marcellin Boule. Tomé con todo cuidado la pieza entre mis manos. Daba la sensación de objeto ligero y delicado; las suturas eran perfectamente visibles. Quizás me hallaba ante la primera prueba empírica indiscutible de que en épocas lejanas existieron criaturas muy semejantes a nosotros, criaturas que se habían extinguido, y cuya desaparición venía a alzarse como inquietante sugerencia de que tal vez nuestra especie no sobrevivirá por los siglos de los siglos. También había allí una estantería donde se alineaban dientes de varios tipos de homínidos, entre los que se incluían los grandes molares trituradores del *Australopithecus robustus*, un contemporáneo del *Homo habilis*. En otro rincón, una colección de cajas con cráneos de *Cro-Magnon* se apilaban limpios y en perfecto orden como leña dispuesta para un hogar. Todo este conjunto de reliquias eran los razonables y en cierto modo imprescindibles fragmentos probatorios que habían permitido reconstruir parte de la historia de nuestros ancestros y parientes colaterales.

En el fondo de la sala había otras colecciones más macabras y turbadoras. Una vitrina encerraba dos cabezas de reducidas dimensiones con un aire burlón en sus muecas; unos correosos labios vueltos hacia arriba dejaban al descubierto hileras de dientes puntiagudos y diminutos. A su lado, múltiples frascos herméticamente cerrados encerraban pálidos embriones y fetos humanos bañados en un sombrío fluido verdoso. La mayor parte de los especímenes eran normales, aunque ocasionalmente la mirada podía detenerse ante alguna inesperada anomalía como, por ejemplo, un par de siameses unidos por el esternón o un feto con dos cabezas y sus cuatro ojos herméticamente cerrados.

Pero aun había más. Una hilera de amplios frascos cilíndricos que albergaban. para mi asombro, cabezas humanas perfectamente conservadas. Un hombre de enormes mostachos rojos, de poco más de veinte años y originario, como indicaba la etiqueta adjunta, de Nueva Caledonia. Quizá se tratase de un marinero que se había embarcado rumbo a los trópicos donde tras ser capturado perdería la vida; su cabeza se había convertido involuntariamente en objeto de estudio científico. Mas allá, tres cabezas de niño en un mismo recipiente, quizá como simple medida económica. Hombres, mujeres y niños de ambos sexos y múltiples razas, cuyas cabezas habían llegado hasta Francia para, quizá tras un breve estudio inicial, consumirse en un rincón del Musée de l'Homme. Y yo me preguntaba ante tal espectáculo, ¿en qué condiciones debió producirse el embarque de las cajas cargadas con cabezas en conserva? ¿Acaso los oficiales de los buques especularon a la hora del café acerca del contenido de la carga almacenada en las bodegas? ¿Tal vez les traía sin cuidado el asunto ya que las cabezas no eran casi nunca de blancos europeos como ellos? ¿Acaso bromaban en torno a la carga para demostrar un cierto distanciamiento emocional, mientras que en privado no dejaban de sentir un cierto remordimiento ante los horrores que transportaban? Una vez llegadas a París las colecciones, ¿fueron recibidas por científicos activos y sistemáticos que dirigían con eficacia las operaciones de transporte y almacenamiento de los cargamentos de cabezas? ¿Estaban impacientes por desprecintar los frascos y proceder a la medición de los cráneos humanos con sus calibradores? ¿Acaso el responsable de la colección, fuera quien fuese, asumía su trabajo con entusiasmo y arrogancia libres de todo objetivo secundario?

Siguiendo mi visita, llegamos al rincón más recóndito de esta ala del museo. Y allí descubrí una colección de retorcidos objetos grisáceos nadando en formalina a fin de retardar su descomposición: se trataba de un conjunto de anaqueles con cerebros humanos. Alguien se había ocupado de practicar rutinarias craneotomías en cadáveres de personalidades con objeto de extirpar sus cerebros en beneficio del progreso científico. Allí estaba el cerebro de un intelectual europeo que había alcanzado renombre momentáneo antes de marchitarse en

aquellas polvorientas estanterías. Acullá el cerebro de un convicto asesino. Qué duda cabe, los científicos de la época esperaban que pudiese existir alguna anomalía, algún indicio revelador, en la anatomía cerebral o en la configuración craneana de los asesinos. Quizá esperaban demostrar que el asesino lo creaban influencias hereditarias y no sociales. La frenología fue una desgraciada aberración del siglo xix. Puedo oír a mi amiga Ann Druyan afirmando: «la gente a la que matamos de hambre y torturamos tiene una tendencia antisocial a robar y matar. Y creemos que actúan de ese modo a causa de su prominente entrecejo». Pero lo cierto es que no hay modo de distinguir entre los cerebros de los asesinos y los de los sabios (los restos del cerebro de Albert Einstein están, recordémoslo de pasada, flotando en un frasco depositado en la universidad de Wichita). Es indudable que quien hace a los criminales no es la herencia sino la sociedad.

Mientras escudriñaba la colección sumido en similares meditaciones, mi vista se sintió atraída por la etiqueta unida a uno de estos frascos cilíndricos. Tome el recipiente del anaquel y lo examiné desde cerca. En la etiqueta podía leerse *P. Broca*. Tenía en mis manos el cerebro de Broca.

Paul Broca fue cirujano, neurólogo y antropólogo, una de las figuras más prominentes de la medicina y la antropología del siglo pasado. Realizó importantes trabajos en el estudio de la patología cancerosa y en el tratamiento de los aneurismas, así como una contribución esencial a la comprensión de los orígenes de la afasia, nombre con que se designa todo menoscabo de la habilidad para articular ideas. Broca fue un hombre brillante y apasionado, con una ferviente dedicación al tratamiento médico de las capas sociales más miserables. Al amparo de la noche y con riesgo de su propia vida, consiguió en cierta ocasión sacar clandestinamente de París en una carreta tirada por caballos setenta y tres millones de francos dentro de unas maletas escondidas bajo montones de patatas; se trataba de dinero de los fondos de la Asistencia Pública que, según su opinión, corrían peligro de inminente pillaje. Fue el fundador de la moderna cirugía cerebral. Asimismo, se dedicó al estudio del problema de la mortalidad infantil. Hacia el final de su vida fue nombrado senador.

Como ha indicado uno de sus biógrafos, amaba por encima de todo el sosiego y la tolerancia. En 1848 fundó una sociedad de «librepensadores». Fue uno de los pocos científicos franceses de su época que mostraron adhesión a la tesis darwiniana de la evolución a través de la selección natural entre las especies. T. H. Huxley, «el perro guardián de Darwin», señalaría que la simple mención del nombre de Broca llenaba su espíritu de un sentimiento de gratitud, y se atribuye a Broca la afirmación de que «prefiero ser un mono transformado que un hijo degenerado de Adán». Por tales ideas y otros puntos de vista similares fue denunciado por «materialismo» y por corruptor de la juventud, como lo fuera siglos antes Sócrates. Sin embargo, recibió la nominación de senador.

Muchos años antes Broca había tenido enormes dificultades para crear en Francia una asociación dedicada al estudio de la antropología. El ministro de Instrucción Pública y el Prefecto de Policía albergaban la creencia de que la antropología podía ser, como todo intento encaminado a profundizar en el conocimiento de los seres humanos, innatamente subversiva para los intereses del Estado. Cuando por fin y a regañadientes Broca obtuvo autorización para hablar con dieciocho colegas de su campo común de intereses científicos, el Prefecto de Policía le recordó que le haría personalmente responsable de todo cuanto pudiera decirse en tales reuniones «contra la sociedad, la religión o el gobierno». A pesar de todo, el estudio de los seres humanos se consideraba tan peligroso en aquellos tiempos que la policía envió a todas las reuniones un espía con amenaza explícita de que la autorización para celebrar tales reuniones sería revocada de inmediato si el delegado gubernativo se escandalizaba o consideraba delictiva cualquier afirmación vertida en ellas. Tales fueron las circunstancias bajo las que celebraba su primera reunión la Sociedad de Antropología de París el 19 de mayo de 1859, el mismo año en que se publicó la primera edición de *El origen de las especies*. En reuniones sucesivas iba a discutirse sobre una amplia gama de temas —arqueología, mitología, fisiología, anatomía, medicina, psicología, lingüística e historia—, y fácil es imaginar al espía gubernativo dormitando en un rincón de la sala durante la mayor parte de las sesiones. Según explica Broca, en cierta ocasión el espía sintió ganas de dar un pequeño paseo y preguntó si podía abandonar la sala con la

garantía de que en su ausencia no iba a tratarse ningún asunto lesivo para el Estado. «No, no, amigo mío», le respondió Broca, usted no puede irse a dar ninguna vuelta. Siéntese y justifique su sueldo». Pero no sólo era la policía la que mostraba en Francia por aquel entonces oposición al desarrollo de la antropología, sino también el clero, y en 1876 el Partido Católico Romano organizó una gran campaña contra las enseñanzas del Instituto de Antropología de París fundado por Broca.

Paul Broca falleció en 1880, quizá a causa de un tipo de aneurisma muy similar al que tan brillantemente había estudiado. Cuando le sorprendió la muerte estaba trabajando en un minucioso estudio de la anatomía cerebral. Broca fundó las primeras sociedades profesionales, escuelas de investigación y revistas científicas de la antropología francesa moderna. Los especímenes de su laboratorio personal fueron incorporados al que durante años recibiría el nombre de Musée Broca. Posteriormente pasarían a integrarse en el más amplio Musée de l'Homme.

Fue el propio Broca, cuyo cerebro tenía yo ahora en mis manos, quien creó la macabra colección que había estado contemplando. Habían sido objeto de su estudio embriones y monos, gentes de todas las razas, midiéndolo todo enloquecidamente en un supremo esfuerzo por comprender la naturaleza profunda del ser humano. Y a pesar del aspecto presente de la colección y de mis recelos, no fue, al menos de acuerdo con los patrones de su tiempo, más patriótico o más racista que otros y ciertamente no ofreció un apoyo incondicional al racismo con sus teorías y menos aun con sus actos. El científico frío, poco cuidadoso y desapasionado no toma en consideración las consecuencias humanas que puedan derivarse de su trabajo. Broca siempre las tuvo muy en cuenta.

En la *Revue d'Anthropologie* de 1880 se recoge una bibliografía exhaustiva de los escritos de Broca. Entre sus títulos, que tuve ocasión de hojear algún tiempo después, puede rastrearse el origen de la colección que acababa de contemplar:

«Sobre el cráneo y el cerebro del asesino Lamaire», «Presentación del cerebro de un gorila macho adulto», «Sobre el cerebro del asesino Prevost», «Sobre la supuesta heredabilidad de características accidentales», «La inteligencia de los animales y el dominio de los humanos», «El orden de los primates: paralelos anatómicos entre hombres y monos», «El origen del arte de obtener fuego», «Sobre monstruos dobles», «Discusión en torno a los microcéfalos», «Trepanaciones prehistóricas», «Sobre dos casos de desarrollo de un dedo supernumerario en la edad adulta». «Las cabezas de dos neovacaledonios» y «Sobre el cráneo de Dante Alighieri». Desconozco el lugar donde pueda hallarse actualmente el cráneo del autor de la *Commedia*, pero la colección de cerebros, cráneos y cabezas que me rodeaban constituye sin duda alguna los primeros pasos del trabajo de investigación realizado por Paul Broca.

Broca fue un extraordinario anatomista cerebral y efectuó importantes investigaciones sobre la región límbica, conocida inicialmente con el nombre de rinencéfalo (el «cerebro olfativo»), zona que como sabemos hoy en día se halla estrechamente vinculada a las emociones humanas. Pero quizá su trabajo más celebrado en nuestros días sea el descubrimiento de una pequeña región ubicada en la tercera circunvolución del lóbulo frontal izquierdo de la corteza cerebral, la que en honor de su descubridor denominamos hoy área de Broca. Tomando como punto de partida un escaso número de pruebas experimentales, Broca puso al descubierto que dicha zona del cerebro controla la emisión articulada del lenguaje y se erige como la sede fundamental de tan característica actividad humana. El área de Broca fue uno de los primeros descubrimientos que puso de manifiesto la separación de funciones existentes entre ambos hemisferios cerebrales. Y algo aún más importante, fue una de las primeras pruebas sólidas de la existencia de funciones cerebrales específicas localizadas en zonas muy precisas del cerebro, de que existe una conexión entre la anatomía cerebral y sus diferentes actividades concretas, actividades que a veces suelen calificarse como «mentales».

Ralph Holloway es un investigador de la Universidad de Columbia dedicado al estudio de la antropología física cuyo laboratorio imagino que puede guardar ciertas similitudes con el de

Broca. Holloway ha construido con goma de látex unos moldes de cavidades craneales de seres humanos y otros afines, pasados y presentes, con objeto de intentar reconstruir, a partir de las huellas superficiales dejadas por la superficie interna del cráneo, la evolución histórica del cerebro. Holloway sostiene que para poder hablar de criatura humana es imprescindible la presencia en su cerebro de un área de Broca, ofreciéndonos pruebas de la aparición de un primer esbozo de la misma en el cerebro del *Homo habilis* unos dos millones de años atrás, justo en el momento en que aparecen las primeras construcciones y herramientas humanas. En este punto concreto, la perspectiva frenológica no carece de sentido. Parece sumamente verosímil que el pensamiento y el trabajo humanos tuvieran un desarrollo paralelo al de la palabra articulada, de manera que el área de Broca puede considerarse como una de las sedes fundamentales de nuestra humanidad en la medida en que, sin la menor duda, nos permite delinear la relación que nos vincula con nuestros antepasados en su progresión hasta alcanzarla.

Y ahí estaba, flotando ante mis ojos, nadando a trozos en un mar de formalina, el cerebro de Broca. Podía observar la región límbica que Broca había estudiado en otros, las circunvoluciones del neocortex, incluso el lóbulo frontal izquierdo de color gris blancuzco donde tiene su asiento el área que toma su nombre del de su descubridor, pudriéndose inadvertidamente en un triste rincón de la colección que iniciara el propio Broca.

Era difícil sostener el cerebro de Broca sin tener la sensación de que, en alguna medida, todavía estaban allí, presentes, su ingenio, su talante escéptico, sus abruptas gesticulaciones al hablar, sus momentos de quietud y sentimentalismo. ¿Acaso se hallaba preservada ante mí, en la configuración neuronal, una recolección de los triunfales momentos en que defendía ante una asamblea conjunta de facultades de medicina (y ante su padre, henchido de orgullo) su teoría sobre los orígenes de la afasia? ¿O tal vez una comida en compañía de su amigo Victor Hugo? ¿Quizás un paseo a la luz de la luna en un atardecer otoñal a lo largo del Quai Voltaire y el Font Royal en compañía de su esposa? ¿Adónde vamos a parar después de morir? ¿Acaso Paul Broca estaba todavía ahí, en un frasco lleno de formalina? Tal vez hubiese desaparecido todo rastro de memoria, aunque las investigaciones contemporáneas sobre la actividad cerebral proporcionan pruebas convincentes de que un cierto tipo de memoria queda redundantemente almacenada en numerosos y diferentes lugares de nuestro cerebro. Cuando en un futuro se produzcan avances substanciales en el terreno de la neurofisiología, ¿podremos, tal vez, reconstruir las memorias o intuiciones de alguien fallecido tiempo ha? Por lo demás, ¿parece deseable tal perspectiva? Equivaldría a la pérdida del último bastión de nuestra privacidad, aunque también cabe tener en cuenta que equivaldría a un cierto tipo de inmortalidad efectiva pues, y especialmente para hombres de la talla de Broca, es indudable que la mente constituye algo así como la esencia de su entidad física y psíquica.

Dado el carácter de los materiales acumulados en esta recóndita y olvidada sala del Musée de l'Homme me sentí de inmediato inclinado a atribuir a los creadores de la colección —por entonces desconocía aun que hubiese sido Broca— un manifiesto e innegable sexismo, racismo y patriotismo, una profunda resistencia ante la idea de una estrecha interrelación entre los seres humanos y los demás primates. Y en parte eso era indudable. Broca fue un humanista del siglo XIX, si bien no había conseguido desprenderse de los prejuicios y enfermedades sociales que agostaban a la humanidad de su tiempo. Broca creía en la superioridad de los hombres frente a las mujeres y en la de los blancos frente a las demás razas. En tal contexto, incluso su conclusión de que los cerebros alemanes no eran significativamente diferentes de los franceses no era más que una refutación de la defensa por parte de los teutónicos de su superioridad frente a los galos. Con todo, el científico francés sostuvo la existencia de profundas vinculaciones entre la fisiología cerebral de gorilas y hombres. Broca, fundador de una sociedad de librepensadores en su juventud, creía en la necesidad e importancia de una investigación libre de trabas y dedicó buena parte de su vida a la consecución de tal objetivo. El fracaso de tales ideales pone de manifiesto que, incluso para alguien como Broca que no escatimó esfuerzos en favor de la libertad de investigación, era en realidad muy sencillo apartarse de los mismos a causa de un fanatismo e intolerancia endémicos. La sociedad puede llegar a corromper al mejor de los hombres. Considero injusto criticar a alguien por no haber compartido las ideas

progresistas que están gestándose en su tiempo, aunque no por ello deja de ser tremendamente desalentador que los prejuicios retrógrados lleguen a tener tan tremenda fuerza persuasiva. Este tema plantea enojosas incertidumbres acerca de que ideas vistas en nuestra época como verdades convencionales genéricamente aceptadas llegaran a considerarse fanatismo gratuito nuestros inmediatos sucesores. Creo, pues, que el mejor modo de pagar a Paul Broca la deuda que tan involuntariamente nos legó con su ejemplo consiste en discutir profunda y seriamente nuestras creencias más profundamente arraigadas.

Estos frascos olvidados en un rincón y su espantoso contenido fueron coleccionados, por lo menos parcialmente, desde una perspectiva humanista, y quizá en un futuro, cuando el estudio del cerebro humano haya avanzado de forma substancial, vuelvan a mostrarse como materiales útiles para la investigación. Por mi parte, desearía conocer algo más acerca de aquel bigotudo marinero cuya cabeza fue trasladada a París desde Nueva Caledonia.

Pero la contemplación de esta especie de cámara de los horrores evoca de inmediato y espontáneamente otros pensamientos perturbadores. Ante todo, no podemos evitar un intenso sentimiento de simpatía hacia seres cuya existencia nos es recordada de modo tan indecoroso, y muy especialmente hacia aquellas personas muertas en su juventud o con sufrimiento. Los caníbales originarios del noroeste de Nueva Guinea usan para la construcción de las jambas y dinteles de sus viviendas amontonamientos de calaveras. Quizá sean estos los mejores materiales para construcción de que disponen, pero los arquitectos del país no pueden ignorar por completo el terror que desencadenan sus construcciones en los viajeros desprevenidos. Las SS de Hitler, los Ángeles del Infierno, los chamanes, los piratas, e incluso los embotelladores de yodo, han usado el símbolo de la calavera con el propósito evidente de despertar sentimientos de terror. Se trata de algo perfecto y totalmente coherente. Cuando me encuentro en una habitación llena de calaveras es bastante probable que ande alguien por los alrededores, quizá una manada de hienas, tal vez un tétrico y activo decapitador cuya ocupación o distracción es coleccionar cráneos humanos. Tan inquietantes compañías deben evitarse o, de ser posible, proceder a su eliminación. La comezón del cabello sobre mi nuca, la aceleración del pulso y de los latidos del corazón y un pegajoso y gélido sudor han sido generados por el proceso evolutivo para que me apreste a combatir o a emprender la huida. Quienes evitan la decapitación dejan tras sí mayor descendencia. Por tanto, experimentar tales sensaciones de miedo constituye una clara ventaja desde una perspectiva evolucionista. Pero aun resulta más terrorífico encontrarse en una habitación repleta de cerebros, como si algún monstruo moral indescriptible armado con espantosas cuchillas y espátulas se arrastrara y babeara por los tejados del Musée de l'Homme.

No obstante, creo que nuestras sensaciones dependen en buena medida de los propósitos que han dirigido la creación de tan macabra colección. Si el objetivo es la investigación científica, si los restos humanos han sido seccionados *post mortem* —y muy especialmente si han sido obtenidos con el consentimiento previo de aquellas personas a quienes pertenecieran en vida—, puede pensarse que el daño ocasionado es poco y que, a la larga, tal vez incluso quepa pensar que redundaran en beneficio de la humanidad. Pero a pesar de todas estas consideraciones, no consigo tener la plena seguridad de que los científicos actúen por motivaciones ajenas totalmente a las que rigen el comportamiento de los caníbales de Nueva Guinea. ¿Acaso no suelen decir ante el nerviosismo de cualquier observador: «Vivo cotidianamente rodeado por estas cabezas, y es algo que no me molesta: por que le producen a usted tales náuseas»?

Leonardo y Vesalio tuvieron que recurrir al cohecho y al secreto para poder llevar a cabo sus primeras disecciones sistemáticas de seres humanos en Europa a pesar de que siglos antes hubiese existido una floreciente y capaz escuela de anatomía en la antigua Grecia. La primera persona que localizó desde perspectivas neuroanatómicas la inteligencia humana en la cabeza fue Herófilo de Calcedonia, médico griego cuya actividad alcanza su cenit alrededor del 300 a. de C. Herófilo fue también el primero en distinguir entre nervios motores y sensoriales y efectuó el estudio más completo de la anatomía cerebral intentado



hasta el Renacimiento. Indudablemente, no faltaron objetores a sus repugnantes predilecciones experimentales. Existe un oculto temor, que se hace explícito en la famosa leyenda de Fausto, a «conocer» ciertas cosas, que determinados interrogantes son demasiado peligrosos para que puedan desvelarlos los seres humanos. Hay un claro ejemplo en nuestros días, el desarrollo del armamento nuclear, ya que si nos falta prudencia y suerte puede constituir un claro ejemplo de los peligros apuntados. Pero en el caso de los experimentos sobre el cerebro nuestros temores son bastante menos intelectuales. Se trata de experimentos que hincan sus raíces en lo más profundo de nuestro pasado evolutivo, evocan imágenes de jabalies y salteadores de caminos que aterrizaron a viajeros y poblaciones rurales en la antigua Grecia ante el peligro más probable de mutilaciones procrústeas u otras crueldades hasta que algún héroe, fuese Teseo o Hércules, les despachara sin mayor esfuerzo. Los mencionados temores han desempeñado en épocas pretéritas una función adaptativa y francamente útil. Sin embargo, creo que en nuestros días constituyen un bagaje básicamente emocional. Como científico que ha escrito sobre el cerebro humano, me interesó detectar mientras contemplaba la colección reunida por Broca tal tipo de sentimientos ocultos en mi interior. Y tales temores son indudablemente valiosos.

Toda investigación trae consigo algún elemento de riesgo. No existe garantía alguna de que el universo llegue a ajustarse a nuestras predisposiciones. Sin embargo, no veo otra forma de ocuparnos de él, tanto del universo inmediato como del exterior a nosotros, que sometiéndolo a estudio. El mejor medio que tiene la humanidad para evitar todo tipo de abusos es adquirir una educación científica que le permita comprender las derivaciones que trae consigo todo programa de investigación. Como contrapartida a la libertad de investigación, los científicos tienen la obligación de explicar a la opinión pública la naturaleza de su trabajo. Si se considera a la ciencia como un sacerdocio cerrado, demasiado difícil y arcano para ser comprendido por el hombre de la calle, los peligros de abuso son enormes. La ciencia es un tema de interés general y nos afecta a todos sin exclusión. Al discutir de forma regular y con competencia sus objetivos y consecuencias sociales en escuelas, prensa y conversaciones de sobremesa habremos mejorado en gran medida nuestras perspectivas de comprensión del mundo, así como las de su perfeccionamiento y el nuestro. Se trata de una idea que, a veces fantaseo, muy bien creo pudiese seguir impresa en el cerebro de Broca mientras indolentemente navega en el seno de un mar de formalina.

## 2. ¿PODEMOS CONOCER EL UNIVERSO? REFLEXIONES SOBRE UN GRANO DE SAL

Nada tan rico como el inagotable caudal de la Naturaleza. Tan solo nos muestra superficies, pero su profundidad es de un millón de brazas.

Ralph Waldo Emerson

La ciencia es mucho más una determinada manera de pensar que un cuerpo de conocimientos. Su objetivo es descubrir como funciona el mundo, detectar las regularidades que puedan existir, captar las vinculaciones que se dan entre las cosas —desde las partículas elementales, que pueden ser los constituyentes últimos de toda materia, para organismos vivos, la comunidad social de los seres humanos y, como no, el cosmos contemplado en su globalidad. Nuestra intuición no es ni por asomo una pauta infalible. Nuestras percepciones pueden verse falseadas por la educación previa y los prejuicios, o simplemente a causa de las limitaciones de nuestros órganos sensoriales que, por descontado, sólo pueden percibir directamente una pequeña fracción de los fenómenos que se producen en el mundo. Incluso una cuestión tan directa como la de si, en ausencia de fricción, cae mas rápidamente una libra de plomo que un gramo de lana, fue resuelta incorrectamente por casi todo el mundo hasta llegar a Galileo, y entre los equivocados se hallaba, cómo no, el propio Aristóteles. La ciencia se fundamenta en la experimentación, en un ansia permanente de someter a prueba los viejos dogmas, en una apertura de espíritu que nos permita contemplar el universo tal como realmente es. No puede negarse que en ciertas ocasiones la ciencia exige coraje; como mínimo el imprescindible para poner en entredicho la sabiduría convencional.

El principal rasgo definitorio de la ciencia es pensar de verdad toda cosa: el tamaño de las nubes y las formas que adoptan, incluso en su estructura mas profunda, en cualquier parte del cielo para una altitud dada; la formación de una gota de rocío sobre una hoja; el origen de un nombre o una palabra; la razón de una determinada costumbre social humana, como por ejemplo el tabú del incesto; por qué una lente sobre la que incida la luz solar puede quemar un papel; que razón nos hace ver un bastón de paseo como una pequeña ramita; por que parece seguirnos la Luna cuando paseamos; que nos impide perforar la Tierra con un agujero que llegue hasta el centro del planeta; qué sentido tiene el termino «abajo» en una Tierra esférica; de que modo el cuerpo puede convertir la comida de ayer en el músculo y el nervio de hoy; donde están los límites del universo, ¿puede este expandirse indefinidamente, o no?; ¿tiene algún significado la pregunta de que hay mas allá? Algunos de estos interrogantes son singularmente fáciles de responder. Otros, especialmente el ultimo, son misterios de los que no conocemos la solución incluso en nuestros días. Son interrogantes naturales a resolver. Toda cultura se ha planteado, de una u otra forma, tales cuestiones. Las respuestas propuestas casi siempre han sido de categoría «narrativa» o «fabulada», con explicaciones divorciadas de toda tarea experimental, e incluso de toda observación comparativa cuidadosa.

Pero la mentalidad científica examina el mundo críticamente, como si pudieran existir otros muchos mundos alternativos, como si aquí pudiesen existir cosas que ahora no encontramos. Y en consecuencia, nos vemos obligados a responder por que cuanto vemos es así y no de otra forma. ¿Por que son esféricos el Sol y la Luna? ¿Por que no piramidales, cúbicos o dodecaedricos? ¿Por que tal simetría en el mundo? ¿Por qué, incluso, no tiene formas irregularmente caprichosas? Si alguien gasta parte de su tiempo proponiendo hipótesis, comprobando si tienen sentido y si concuerdan con cuanto ya conocemos, pensando en pruebas experimentales que den validez o se la nieguen a nuestras hipótesis, este alguien esta haciendo ciencia. Y a medida que van tomando mas y más fuerza estos hábitos de pensamiento, mas a gusto se halla el individuo con ellos. Penetrar en el corazón de las cosas —incluso en el de las más pequeñas, en el de una brizna de hierba, corno dijera Walt Whitman— produce un tipo de excitación y alegría que parece muy posible que, de todos los seres que pueblan este planeta, solo puedan experimentarla los seres humanos. Somos una especie inteligente, y un uso adecuado de nuestra inteligencia nos

produce placer. En este aspecto, el cerebro es como un musculo. Cuando pensamos bien, nos sentimos bien. Comprender es un cierto tipo de éxtasis.

Pero, ¿hasta que punto podemos conocer en realidad el universo que nos rodea? A veces esta pregunta la plantean individuos que esperan obtener una respuesta de tonos negativos, que sienten temor ante la idea de un universo del que algún día se llegue a conocer todo. A veces encontramos científicos que confidencialmente expresan su creencia de que todo cuanto es digno de ser conocido pronto lo será —o que incluso ya lo es—, y que nos pintan el cuadro de una edad dionisiaca o polinesica en la que se habrá marchitado el entusiasmo por la adquisición de nuevos descubrimientos intelectuales; lo habremos reemplazado por cierta languidez sumisa, nos alimentaremos de lotos y beberemos leche de coco fermentada o algún otro suave alucinógeno. Además de calumniar a los polinesios, que fueron intrépidos exploradores (y cuyo breve descanso en el paraíso esta lastimosamente llegando hoy a su fin), y a los estímulos para el descubrimiento intelectual que proporcionan ciertos alucinógenos, este punto de vista se nos muestra como obviamente erróneo.

Planteemos de momento una pregunta mucho más modesta. No nos preguntemos si podemos conocer la naturaleza del universo, la Vía Láctea, una estrella o un mundo sino si nos es dado conocer, en ultima instancia y de forma pormenorizada, la naturaleza de un grano de sal. Consideremos un microgramo de sal de mesa, una partícula apenas lo suficientemente grande como para que alguien con una vista muy aguda pueda detectarlo sin la ayuda de un microscopio. En este grano de sal hay alrededor de  $1E+16$  millones de átomos de cloro y sodio, es decir, 10.000 billones de átomos. Si deseamos conocer la estructura de este grano de sal, necesitamos determinar como mínimo las coordenadas tridimensionales de cada uno de sus átomos. (De hecho precisamos conocer muchas mas cosas, como por ejemplo la naturaleza de las fuerzas con que se interaccionan los átomos, pero para el case nos contentaremos con cálculos de gran modestia). Pues bien, ¿la cifra indicada es mayor o menor que el numero de cosas que puede llegar a conocer el cerebro humano?

¿Cual es el limite de informaciones que puede albergar el cerebro? En nuestro cerebro quizá haya un total de  $1E+11$  neuronas, los circuitos elementales y conexiones responsables de las actividades química y eléctrica que hacen funcionar nuestras mentes. Una neurona típica tiene como mucho un millar de pequeñas terminaciones, las dendritas, que establecen su conexión con las contiguas. Si, como parece ser, a cada una de tales conexiones le corresponde el almacenamiento de un bit de información, el numero total de cosas cognoscibles por el cerebro humano no excede de  $1E+14$  es decir, la cifra de los 100 billones. En otros términos, algo así como el 1 % del numero de átomos que contiene una pequeña partícula de sal.

Desde tal punto de vista el universo se nos convierte en inabordable, asombrosamente inmune a todo intento humano de alcanzar su completo conocimiento. Si a este nivel no nos es dado comprender la exacta naturaleza de un grano de sal, mucho menos lo será determinar la del universo.

Pero observemos con mayor atención nuestro microgramo de sal. La sal es un cristal que, a excepción de eventuales defectos que puedan presentarse en su estructura reticular, mantiene posiciones bien predeterminadas para cada uno de los átomos de sodio y de cloro que lo integran. Si pudiésemos contraernos hasta posibilitar nuestra incursión en tal mundo cristalino, podríamos ver, fila tras fila, una ordenada formación de átomos, una estructura regularmente alternante de átomos de sodio y cloro, con lo que tendríamos especificada por completo la capa de átomos sobre la que estuviésemos colocados y todas las demás situadas por encima y por debajo de ella. Un cristal de sal absolutamente puro tendría completamente especificada la posición de cada uno de sus átomos con unos 10 bits de in-

formación<sup>1</sup>. Evidentemente, tal estado de cosas no abrumaría en lo mas mínimo la capacidad de almacenar información propia del cerebro humano.

Si el universo tiene un comportamiento regulado por leyes naturales con un orden de regularidad similar al que determina la estructura de un cristal de sal común, es obvia nuestra capacidad para abordar su conocimiento. Incluso en el supuesto de que existan muchas de tales leyes, de considerable complejidad cada una de ellas, los seres humanos gozan de la necesaria capacidad para comprenderlas todas. Y en el supuesto de que los conocimientos precisos sobrepasaran la capacidad de almacenamiento de información de nuestros cerebros, quedaría la posibilidad de almacenar información adicional fuera de nuestros propios cuerpos —por ejemplo, en libros o en memorias magnéticas de computadora—, de modo que, en cierto sentido, seguiría siendo posible el conocimiento del universo.

Los seres humanos se hallan enormemente motivados para emprender la búsqueda de regularidades, de leyes naturales, cosa por lo demás perfectamente comprensible. La búsqueda de leyes, el único camino posible para llegar a comprender un universo tan vasto y complejo, recibe el nombre de ciencia. El universo obliga a quienes lo pueblan a entenderlo. Aquellos seres que se topan en su experiencia cotidiana con un confuso revoltillo de eventos imprevisibles y carentes de regularidad se encuentran en grave peligro. El universo pertenece a quienes, al menos en cierta medida, lo han descifrado.

Es un hecho realmente asombroso que existan leyes de la naturaleza, reglas que sintetizan de forma adecuada —no sólo cualitativa, sino también cuantitativamente— el funcionamiento del mundo. Podemos imaginar un universo sin tales leyes, un universo en el que los  $10^{80}$  partículas elementales que lo integran se comportaran con absoluto e intransigente abandono. Para comprender tal tipo de universo necesitaríamos un cerebro con una masa casi tan grande como la suya. Parece bastante inverosímil suponer que en dicho universo pudiese existir vida e inteligencia, pues los seres dotados de cerebro requieren cierto grado de estabilidad y orden internos. Pero incluso si en un universo mucho mas aleatorio que el nuestro existieran seres con inteligencia muy superior a la nuestra, es indudable que no podrían alcanzar demasiado conocimiento ni experimentar excesiva pasión o alegría.

Para nuestra fortuna, vivimos en un universo en el que son susceptibles de conocimiento, al menos, algunos de sus más importantes aspectos. La experiencia acumulada por nuestro sentido común y la historia evolutiva de la humanidad nos han preparado para comprender algo del mecanismo cotidiano que mueve el mundo. Sin embargo, cuando nos introducimos en otros ámbitos, el sentido común y la intuición ordinaria pueden llegar a convertirse en muy malos consejeros. Es pasmoso el hecho de que al aproximamos mucho a la velocidad de la luz nuestra masa crece indefinidamente, nuestro espesor llega a ser prácticamente nulo en la dirección del movimiento y el tiempo parece detenerse para nosotros. Mucha es la gente que cree que esto es una necedad, y no pasa semana sin que reciba una carta de alguien que se lamenta de la situación. Pero no hay vuelta de hoja. Son consecuencias virtualmente ciertas, no sólo por la experimentación, sino también, debido al brillantísimo análisis de Albert Einstein sobre la naturaleza del espacio y el tiempo conocido como teoría especial de la relatividad. No viene al caso que tales efectos puedan parecernos escasamente razonables, pues no tenemos el menor habito de viajar a velocidades próximas a la de la luz. En el terreno de las altas velocidades, el testimonio de nuestro sentido común resulta irrelevante.

---

<sup>1</sup> El cloro es un gas letal que se utilizó en los campos de batalla europeos durante la primera guerra mundial. El sodio es un metal corrosivo que entra en combustión en contacto con el agua. La combinación de ambos origina una sustancia agradable e inocua, la sal común. El estudio de las propiedades de ambas sustancias constituye precisamente el objetivo de la Química, y para comprenderla se necesitan más de 10 bits de información

Imaginemos ahora una molécula aislada compuesta por dos átomos cuya estructura pueda recordarnos por su forma a la de unas pesas de halterofilia. Por ejemplo, puede muy bien ser una molécula de sal común. Dicha molécula gira alrededor de un eje en dirección idéntica a la línea que une ambos átomos. Pues bien, en el mundo de la mecánica cuántica, en el reino de lo extraordinariamente pequeño, nuestro juego de pesas no puede tomar cualquier orientación. Es perfectamente posible, para fijar un supuesto, que este orientado horizontal o verticalmente, pero no será posible que lo este en muchas de las inclinaciones angulares intermedias. En otras palabras, le están prohibidas ciertas inclinaciones rotacionales. ¿Prohibidas por quien? Pues por las leyes de la Naturaleza. El universo esta construido de tal forma que limita, o cuantifica, las posibilidades de rotación. No tenemos evidencia experimental de este hecho en nuestra vida cotidiana. Podemos encontrarlo tan sorprendente como si al efectuar ejercicios de gimnasia sueca fuéramos tan torpes como para poder colocamos brazos en cruz o extendidos hacia el cielo pero nos fuera imposible adoptar un buen numero de posturas intermedias. Pero téngase en cuenta que nuestra vida no se desarrolla en el ámbito de lo minúsculo, dentro de una escala del orden de  $10^{-13}$  centímetros, en un mundo donde hay doce ceros entre la coma que separa las unidades y la primera cifra significativa. Las intuiciones de nuestro sentido común no cuentan para nada. Lo que vale es el experimento; en el caso que nos ocupa, la observación de las frecuencias de infrarrojos en los espectros moleculares. Y estos nos muestran que la rotación molecular debe ser cuantificada.

La idea de que el mundo plantea restricciones a las posibilidades de acción humanas es frustradora. ¿Por que no podemos tener ciertas posiciones rotacionales intermedias? ¿Por qué no podemos viajar mas deprisa que la luz? Sin embargo, todo cuanto podemos decir hasta el presente es que el universo esta construido precisamente así. Tales limitaciones no solo nos obligan a ser más humildes, sino que convierten el mundo en algo más comprensible. Cada constrictión corresponde a una ley natural, a una regularidad en el universo. Cuanto más grande sea el número de constrictiones acerca de las posibilidades reales de la materia y la energía, mayor conocimiento del universo podremos alcanzar los hombres. En cualquier caso, la cognoscibilidad del universo no sólo depende de cuantas sean las leyes naturales que nos permiten enmarcar para su análisis una amplia serie de fenómenos divergentes en apariencia, sino también de la apertura mental y capacidad intelectual que mostremos respecto a la comprensión de tales leyes. Seguramente nuestras formulaciones de las regularidades de la Naturaleza dependen del modo en que esta construido nuestro cerebro, pero también, y en buena medida, de aquel en que lo esta el universo.

Por mi parte, me gusta vivir en un universo que encierra aun mucho dc desconocido y que, al mismo tiempo, es susceptible de llegar a ser interpretado. Un universo del que lo conociéramos todo sería estático y deprimente, tan aburrido como el cielo que nos prometen ciertos teólogos pobres de espíritu.

Un universo que se nos muestre incognoscible no es lugar ciertamente adecuado para un ser que piensa. El universo ideal para nosotros es algo bastante más similar al sitio en que vivimos Y me atrevo a conjeturar que no es simple coincidencia.

### 3. ESTE MUNDO QUE NOS LLAMA COMO UNA LIBERACIÓN

Para castigarme por mi desprecio a la autoridad, el destino me convierte en tal.

EINSTEIN

Albert Einstein nació en Ulm, Alemania, en 1879, hace ahora justamente un siglo. Pertenece al pequeño grupo de individuos de todas las épocas que remodelan el mundo gracias a un don muy especial, el talento precise para contemplar viejos hechos según nuevos enfoques, para plantear profundos desafíos a la sabiduría convencional. Durante décadas y décadas ha sido una figura honrada y mitificada, el único científico cuyo nombre se le acudía de inmediato al ciudadano medio. Einstein fue un hombre admirado y reverenciado a lo largo y ancho del mundo, en parte por sus contribuciones científicas, vagamente comprendidas por los profanos en la materia, en parte a causa de sus valientes tomas de postura en cuestiones sociales, y en parte a causa de su afable personalidad. Para los hijos de inmigrantes con inclinaciones científicas, o para quienes, como en mi caso, vivieron su infancia en los años de la Depresión, el respeto otorgado a Einstein les hizo ver que existían personas como los científicos, que una carrera científica no era un sueño totalmente inalcanzable. Una de sus principales aportaciones, aunque involuntaria, fue la de constituirse como paradigma de científico. Sin Einstein, muchos de los jóvenes que se convirtieron en científicos en los años subsiguientes a la década de los 20 jamás hubieran oído hablar de la existencia de la empresa científica. El substrato lógico de la teoría especial de la relatividad einsteiniana pudo haberse desarrollado un siglo antes, pero aunque otros avanzaran una serie de intuiciones premonitorias, la relatividad debía esperar a Einstein para madurar definitivamente. Los fundamentos físicos de la teoría especial de la relatividad son *muy* simples, y muchos de sus resultados esenciales pueden ser derivados del álgebra secundaria y de la reflexión sobre el movimiento de un bote que remonte una corriente fluvial o avance a su favor. La vida de Einstein fue rica en genialidad e ironía. Sintió gran pasión por todos los problemas cruciales de su tiempo, efectuó interesantes incursiones en los ámbitos de la educación y de las relaciones entre ciencia y política, y fue un vivo ejemplo de que, después de todo, el trabajo de ciertos individuos puede llegar a cambiar el mundo.

Siendo niño ofreció escasísimos indicios de cuanto llegaría a ser mas tarde. El mismo rememorara años después: «mis padres estaban preocupados porque no comencé a hablar hasta época comparativamente tardía, y llegaron a consultar el problema con un médico... por aquel entonces... seguro que no tenía menos de tres años». Fue un estudiante mediocre en sus años escolares, y recordaba a sus maestros bajo la figura de sargentos instructores. Durante los años juveniles de Einstein, las pautas de la educación europea eran un altisonante nacionalismo y una marcada rigidez intelectual. El joven Einstein se rebelaba contra los obtusos y mecanizados métodos educativos de la época. «Prefería sobrellevar todo tipo de castigos antes que aprender de memoria cosas que no comprendía.» Einstein detestó toda su vida a los partidarios de una disciplina rígida, tanto en los terrenos de la educación como en los de la ciencia y la política.

A los cinco años se sintió turbado por el misterio del círculo. Posteriormente escribirá: «A los 12 años experimenté una segunda perplejidad, de naturaleza completamente distinta, al leer un pequeño texto de geometría euclídea plana... Había allí asertos, como por ejemplo el referente a la intersección en un punto de las tres alturas de un triangulo, que a pesar de no ser ni con mucho evidentes, podían ser probados con tal grado de certidumbre que quedaba fuera de lugar toda duda sobre ellos. Esta lucidez y certidumbre me causaron una impresión indescriptible». Los programas escolares al uso sólo conseguían provocar tediosas interrupciones a las meditaciones de este tipo. Einstein escribiría las siguientes palabras sobre su autoeducación: «Entre los 12 y 16 años me familiaricé con los rudimentos de la matemática al tiempo que con los principios básicos de los cálculos diferencial e integral. Tuve la inmensa fortuna de topar con libros no especialmente notables en cuanto a su rigor lógico, deficiencia que compensaban sobradamente al presentar los aspectos

fundamentales del tema clara y sinópticamente... También tuve la suerte de empezar a conocer los resultados y métodos esenciales de las ciencias de la naturaleza en excelentes exposiciones popularizadoras que recogían casi exclusivamente los aspectos cualitativos... un trabajo que leí con atención expectante». Los modernos divulgadores científicos pueden sentirse reconfortados por estas palabras de Einstein.

Ninguno de sus profesores parece haberse percatado de su talento. En el *Gymnasium* de Munich, el centro de enseñanza secundaria más destacado de la ciudad, un profesor le dijo en cierta ocasión, «Einstein, usted nunca llegará a ninguna parte». A los quince años las sugerencias de este tipo se hicieron tan fuertes y directas que decidió abandonar el instituto. Su profesor le indicaba que «tan solo con su presencia dañaba el respeto que toda la clase le debía a su persona». Aceptó con gusto tales observaciones, abandonó el instituto y durante varios meses viajó sin meta ni fin concreto por el norte de Italia. Toda su vida mostró clara preferencia por los modales y la vestimenta sin ceremonias ni formalidades. De haber transcurrido su adolescencia en la década de los 60 o los 70 de nuestro siglo, en vez de la década de 1890, la gente convencional le habría calificado de *hippie* casi sin lugar a dudas.

Su curiosidad por la física y su admiración ante el universo le permitieron superar muy pronto su aversión hacia los métodos educativos imperantes, y a no tardar solicitaría su ingreso, sin diploma que certificara sus estudios secundarios, en el Instituto Federal de Tecnología de Zurich. Suspendió el examen de aptitud, se matriculó en un instituto suizo de enseñanza media por su propia cuenta y riesgo para subsanar sus lagunas, y al año siguiente fue admitido por fin en el Instituto Federal de Tecnología. No obstante, seguía siendo un estudiante mediocre. No le satisfacía el estudio de las materias obligatoriamente prescritas, esquivaba la biblioteca del centro e intentaba hasta donde le era posible trabajar sobre sus verdaderos intereses. Más tarde escribiría: «Desde luego, el principal impedimento para seguir en tal línea era que debía atiborrar mi cabeza con todos estos tinglados y empollármelos para pasar los exámenes, me gustara o no.»

Consiguió su graduación sólo gracias a la ayuda que le prestara su íntimo amigo Marcel Grossmann, quien asistía asiduamente a clase y compartía sus apuntes con Einstein. Con ocasión de la muerte de Grossmann, acaecida muchos años después, Einstein escribiría: «Recuerdo nuestros días de estudiantes. Él era un estudiante irreprochable, yo un desordenado y un soñador. Él, en excelentes relaciones con los profesores y comprendiéndolo todo; yo, un paria, descontento y escasamente apreciado... Al finalizar nuestros estudios, me vi abandonado de repente por todo el mundo, desconcertado y perplejo ante el umbral de la vida». La graduación la obtuvo gracias a un esfuerzo final para sumergirse en los apuntes de Grossmann. Pero estudiando en la preparación de los exámenes finales, recordara «que mi ánimo llegó a sentirse bloqueado hasta tal punto... que durante un año entero hallé completamente enojoso el análisis y consideración de cualquier problema científico... Es casi milagroso que los métodos modernos de instrucción no hayan conseguido ahogar por completo la santa curiosidad de la investigación, pues la principal necesidad de tan delicada planta, aparte el estímulo inicial, es la libertad. Sin esta, corre seguro peligro de muerte... y creo que incluso puede despojarse de su voracidad a un animal de presa sano si se le obliga a comer a golpes de látigo, con hambre o sin ella...». Sus observaciones deben templar el espíritu de toda persona involucrada en la educación científica. Me pregunto cuántos Einstein potenciales habrán llegado a sentirse irremediabilmente descorazonados a causa de exámenes competitivos y del hastío generado por acumular méritos en su currículum a la fuerza.

Después de haberse ganado el sustento con diversos trabajos ocasionales, Einstein aceptó una oferta para trabajar como inspector de solicitudes en la Oficina Suiza de Patentes sita en Berna, oportunidad que obtuvo gracias a la mediación del padre de Marcel Grossmann. Por estas fechas renunciaría a la nacionalidad alemana para convertirse en ciudadano suizo. Tres años después, en 1903, se casaba con su prometida. No sabemos casi nada acerca de las patentes aprobadas y rechazadas por Einstein, y sería de gran interés determinar si alguna de las que pasaron por sus manos llegó a tener cierta influencia estimulante en sus meditaciones sobre la física.

Banesh Hoffman, uno de sus biógrafos, escribe que en la oficina de patentes Einstein «aprendió pronto a deshacerse de sus tareas con rapidez y eficiencia. Eso le permitiría arrebatarse preciosos minutos para sus propios cálculos clandestinos, que escondía con rapidez y sentido de culpabilidad en el interior de su pupitre de trabajo al menor ruido de pasos que se aproximaban». Tales fueron las circunstancias en que se gestaría el nacimiento de la gran teoría de la relatividad. Posteriormente Einstein recordaría con nostalgia la oficina de patentes, «este claustro secular en el que se incubaron mis más bellas ideas».

En más de una ocasión Einstein sugeriría a sus colegas que el empleo de farero era una de las situaciones más francamente apetecibles para un científico, pues se trataba de un trabajo relativamente sencillo y capaz de proporcionar la tranquilidad y contemplación necesarias a todo espíritu para abordar la investigación científica. Como señalara su colaborador Leopold Intfield, «para Einstein, la soledad, la vida en un faro, hubiera sido estimulante en grado sumo. Le hubiera liberado de buena parte de las obligaciones que odiaba. De hecho, hubiera sido para él la forma de vida ideal. Pero casi todos los científicos piensan justamente lo contrario. La maldición de mi vida ha sido verme apartado por largo tiempo de toda atmósfera científica, de no tener a nadie con quien hablar de física».

Einstein también sostenía que era deshonesto ganar dinero enseñando física. Argumentaba que era muchísimo mejor para un físico ganarse el sustento con algún otro trabajo sencillo y honesto, y que la física debía cultivarla en sus ratos libres. Cuando años más tarde Einstein hiciera una observación similar en América, señaló que le hubiese encantado trabajar de fontanero, lo que le valió una inmediata nominación como miembro honorario del sindicato del ramo.

En 1905 Einstein publicó cuatro artículos de investigación, producto de sus ratos libres en la oficina de patentes, en la publicación especializada más prestigiosa de la época, los *Annalen der Physik*. En el primero de ellos demostraba que la luz tiene al mismo tiempo propiedades corpusculares y propiedades ondulatorias, exponiendo por vez primera el desconcertante efecto fotoeléctrico, de acuerdo con el cual los sólidos estimulados por una radiación lumínica emiten electrones. En el segundo exploraba la naturaleza de las moléculas a través del estadístico «movimiento browniano» que presentan las pequeñas partículas en suspensión. En los dos restantes introducía la teoría especial de la relatividad, explicitando por primera vez la famosa ecuación  $E = mc^2$ , tan ampliamente citada como escasamente comprendida.

La ecuación expresa la convertibilidad de la materia en energía, y viceversa. Amplia la ley de la conservación de la energía a una ley que nos habla de la conservación de la energía y la masa, por la que se afirma que energía y masa no pueden ser creadas ni destruidas, si bien una determinada forma de energía puede convertirse en materia y a la inversa. En circunstancias ideales, la cantidad de energía que puede obtenerse de una masa  $m$  es  $mc^2$ , donde  $c$  es la velocidad de la luz (la velocidad de la luz siempre se representa por  $c$ , jamás por  $C$ , y su valor es de 300.000 kilómetros por segundo). Si medimos  $m$  en gramos y  $c$  en centímetros por segundo,  $E$  nos vendrá dada en una unidad de energía denominada ergio. La total conversión de un gramo de masa en energía produce  $1 \times (3 \times 10^{10})^2 = 9 \times 10^{20}$  ergios, cantidad equivalente a la que desprende la explosión súbita de unas mil toneladas de TNT. Por consiguiente, si hallamos la forma de extraerlos, los recursos energéticos que albergan pequeñísimas cantidades de materia son enormes. Las armas nucleares y las centrales nucleares son otros tantos ejemplos de los vacilantes y éticamente ambiguos esfuerzos encaminados a obtener la energía que encierra la materia, según nos descubriera Einstein. Un arma termonuclear, por ejemplo una bomba de hidrógeno, es un ingenio de poder terrorífico, aunque dada una masa  $m$  de hidrógeno tan solo consigue obtener menos del 1% del poder energético  $mc^2$  que encierra.

Los cuatro artículos que publicara Einstein en 1905 hubieran sido una producción impresionante como fruto de toda una vida dedicada a la investigación para cualquier físico. Si se contemplan como lo que en realidad fueron, el resultado de los ratos libres de un año de trabajo de un empleado de veintiséis años de una oficina de patentes suiza, es algo más



que asombroso. Son muchos los historiadores de la ciencia que han calificado 1905 como *annus mirabilis*, año milagroso. Dentro de la historia de la física, y con inquietantes parecidos, sólo ha existido otro año adjetivable de tal, 1666, cuando Isaac Newton, con veinticuatro años, aislado en una zona rural a causa de una epidemia de peste bubónica, esbozó una explicación para la naturaleza espectral de la luz del sol. Inventó los cálculos diferencial e integral y postuló la teoría de la gravitación universal. Junto con la teoría general de la relatividad, formulada por vez primera en 1915, los artículos de 1905 representan el principal logro de la vida científica de Einstein.

Antes de Einstein los físicos sostenían la generalizada creencia de que existían marcos de referencia privilegiados, cosas tales como un espacio y un tiempo absolutos. El punto de partida de las meditaciones de Einstein fue que desde cualquier marco de referencia — cualquier observador, fuera cual fuese su ubicación, velocidad o aceleración— las leyes fundamentales de la naturaleza debían contemplarse de idéntica manera. Parece ser que su idea sobre los sistemas de referencia en física se vio influenciada por sus actitudes sociales y políticas y por su resistencia ante el estridente patriotismo que impregnara la Alemania del siglo XIX. En este sentido, la idea de la relatividad se ha convertido en un lugar común antropológico, y los científicos sociales han hecho suya la idea de un relativismo cultural. Existen diversos contextos sociales distintos y diferentes interpretaciones del mundo y de los preceptos éticos y religiosos. Por lo demás, las diferentes sociedades humanas son prácticamente comparables en cuanto a su validez.

En un principio no se produjo, ni mucho menos, una aceptación generalizada de la relatividad especial. A modo de nuevo intento de integrarse en la vida académica, Einstein presentó su recién publicado artículo sobre la relatividad a la Universidad de Berna como ejemplo de su trabajo. Evidentemente, él lo consideraba como un buen trabajo de investigación. Sin embargo, le fue rechazado tildándolo de incomprensible y hubo de seguir en la oficina de patentes hasta 1909. A pesar de todo, la publicación del trabajo no pasó desapercibida para todo el mundo y poco a poco algunas de las figuras señeras de la física europea de la época empezaron a sospechar que Einstein podía muy bien ser uno de los más grandes científicos de todas las épocas. Pero aun y así, su trabajo sobre la relatividad generó vivas polémicas. En una carta de recomendación para que Einstein fuera contratado en la Universidad de Berlín, un eminente científico alemán sugería que la relatividad era un excursus hipotético, una aberración momentánea, y que a pesar de todo, Einstein era realmente un pensador de primer orden. (El premio Nóbel, de cuya concesión tuvo noticia durante una visita a Oriente en 1921, se le otorgaba por su trabajo sobre el efecto fotoeléctrico y «otras contribuciones» a la física teórica. La relatividad seguía siendo considerada un tema demasiado polémico como para mencionarlo explícitamente.)

Las opiniones políticas y religiosas de Einstein estaban explícitamente relacionadas con su trabajo científico. Sus padres eran de origen judío, aunque no practicantes del ritual religioso. No obstante, Einstein se inclinó hacia una religiosidad convencional «por influjo de la maquinaria educativa tradicional, el Estado y la escuela». Pero a los doce años tal situación cambió bruscamente: «A través de la lectura de libros de divulgación científica llegué pronto a la convicción de que muchas de las historias bíblicas no pueden ser verdaderas. Como consecuencia abracé con todas mis fuerzas la libertad de pensamiento y empecé a considerar que a la juventud la estaba estafando intencionadamente el Estado mediante la propagación de mentiras; fue una impresión abrumadora. De esta experiencia nació una firme sospecha ante todo tipo de autoridad, una actitud escéptica ante las convicciones vigentes en todo contexto social específico —actitud que nunca abandone, aun cuando con el paso del tiempo, una vez fui comprendiendo más a fondo las conexiones causales, perdí parte de su virulencia inicial»

Poco antes de estallar la Primera Guerra Mundial, Einstein aceptó una plaza de profesor en el reputado Instituto Kaiser Wilhelm de Berlín. Su deseo de trabajar en el centro de física teórica de más prestigio en su época fue momentáneamente más fuerte que su antipatía hacia el militarismo alemán. El estallido de la conflagración mundial cogió a la esposa y a los dos hijos de Einstein en Suiza, impidiéndoles regresar a Alemania. Pocos años después esta separación forzosa desembocaría en divorcio, aunque cuando Einstein recibió el premio

Nobel en 1921, a pesar de haberse casado ya otra vez, entregó la suma total del mismo, 30.000 dólares, a su primera esposa y sus hijos. Con el tiempo su hijo mayor se convertiría en una prominente figura de la ingeniería civil, ocupando una cátedra en la Universidad de California, pero el segundo, que idolatraba a su padre, le acusaría años después, para angustia de Einstein, de haberle ignorado durante su juventud.

Einstein, que se declaraba socialista, acabó convenciéndose de que la Primera Guerra Mundial estalló fundamentalmente a causa de las intrigas e incompetencia de «las clases dirigentes» del momento, conclusión que por otro lado sustentan buena parte de los historiadores contemporáneos. Einstein se tornó pacifista. Mientras otros científicos alemanes apoyaron con entusiasmo las empresas militares de su país, Einstein condenaba abierta y públicamente la guerra como «delirio epidémico». Sólo le salvó del encarcelamiento su ciudadanía suiza, suerte que no pudo compartir su amigo el filósofo inglés Bertrand Russell, condenado a prisión en estos mismos años por defender también una postura pacifista. Los puntos de vista de Einstein sobre la guerra no contribuyeron precisamente a aumentar su popularidad en Alemania.

No obstante, y de forma indirecta, la guerra contribuyó a popularizar entre el gran público el nombre de Einstein. En su ironía general de la relatividad, Einstein avanzaba una idea aun asombrosa por su simplicidad, belleza y fuerza, a saber, que la atracción gravitacional entre dos masas genera la distorsión o curvamiento del espacio euclídeo inmediatamente circundante. La teoría cuantitativa nos confirma, con el grado de precisión que cabe esperar de los experimentos, la ley de Newton sobre la gravitación universal. Pero al fijarnos en la próxima cifra decimal, por decirlo así, la teoría general de la relatividad predice la existencia de diferencias significativas con respecto al esquema postulado por Newton. Se trata de una situación clásica dentro de la historia de la ciencia, de acuerdo con la cual aparecen nuevas teorías que confirman la validez de los resultados derivados de sus antecesores pero avanzan una serie de nuevas predicciones que permiten establecer distinciones determinantes entre ambas perspectivas.

Las tres piedras de toque propuestas por Einstein para verificar la validez de la relatividad general fueron las anomalías detectadas en el movimiento orbital de Mercurio, el corrimiento hacia el rojo de la representación espectral de la luz emitida por una estrella de gran masa y la deflexión o curvamiento de la luz estelar al alcanzar sus rayos las proximidades del Sol. En 1919, antes de que fuera firmado el armisticio, se organizaron expediciones científicas británicas a Brasil y a la isla del Príncipe, frente a las costas de África occidental, para observar si durante un eclipse de sol las radiaciones lumínicas estelares se curvaban de acuerdo con las predicciones de la relatividad general. Y así era. Quedaban con ello reivindicadas las tesis de Einstein por vía experimental. El simbolismo de una expedición británica intentando verificar las hipótesis de un científico alemán, mientras ambos países estaban aun técnicamente en guerra, apelaba a los más loables sentimientos del género humano.

Sin embargo, al terminar la guerra comienza a desencadenarse en Alemania una activa campaña pública contra Einstein, financiada por intereses muy concretos. Tanto en Berlín como en otras ciudades se organizan grandes mítines con un claro trasfondo antisemítico para denunciar la teoría de la relatividad. La sorpresa se apoderó de los colegas de Einstein, pero la mayor parte de ellos, excesivamente medrosos para intervenir en política, nada hicieron para contrarrestar el ataque. Cuando el nazismo inicia su irresistible ascensión en la década de los 20 y comienzos de los 30, Einstein, contra su inclinación natural a una vida de tranquila contemplación, se encuentra a menudo arengando con valentía contra los peligros inminentes derivados de la situación. Testifica ante tribunales alemanes en favor de académicos juzgados por sus opiniones políticas contrarias al nazismo. Hace un llamamiento en favor de la amnistía para los presos políticos alemanes y de otras partes del globo (incluidos Sacco y Vanzetti y los llamados «muchachos de Scottsboro» en Estados Unidos). Cuando Hitler alcanza la cancillería en 1933, Einstein y su segunda esposa abandonan Alemania.

Los nazis quemaron en hogueras públicas los trabajos científicos de Einstein junto con otros libros escritos por autores antifascistas. La talla científica de Einstein es atacada por todo lo alto en su país de origen. El líder de la campaña difamatoria es el físico Philipp Lenard, galardonado asimismo con el premio Nobel, quien denuncia lo que él llamara «chapuceras teorías matemáticas de Einstein» y el «espíritu asiático en la ciencia». Lenard declaraba: «Nuestro Führer ha eliminado este mismo espíritu de la política y la economía nacionales, en las que es conocido como marxismo. No obstante, en el terreno de las ciencias naturales, sigue mostrándose influyente a través de un indebido reconocimiento de la obra de Einstein. Debe dejarse bien sentado que para todo intelectual alemán es indecoroso seguir las ideas de un judío. La ciencia natural propiamente dicha es de exclusivo origen ario... *Heil Hitler!*»

Fueron muchos los profesores y académicos nazis que sumaron su voz a las admoniciones contra la física «judía» y «bolchevique» de Einstein. Ironías del destino, en este mismo momento históricos prominentes intelectuales estalinistas denunciaban en la Unión Soviética la relatividad einsteiniana como «física burguesa». Por descontado, en tales deliberaciones jamás se tomó en consideración hasta qué punto la *substancia* de la teoría atacada era o no correcta.

La autoidentificación de Einstein como judío, a pesar de su profundo distanciamiento de las religiones tradicionales, fue completamente generada por el intenso antisemitismo que se vivía en la Alemania de los 20. He aquí la razón de que se convirtiera en sionista. Pero si hemos de hacer caso a uno de sus biógrafos, Philipp Frank, no todos los grupos sionistas le abrieron los brazos por considerar intolerables sus demandas de entendimiento con los árabes y el esfuerzo necesario para comprender sus formas de vida y pensamiento. Su adhesión a un claro relativismo cultural resulta mucho más impresionante si se tienen en cuenta las dificultades emocionales involucradas en este caso. A pesar de todo, siguió prestando su apoyo al sionismo, particularmente cuando se hizo pública la desesperada situación en que vivían los judíos europeos a finales de la década de los 30. (En 1948 se le ofreció a Einstein la presidencia de Israel, que declinaría cortésmente. Resulta interesante especular acerca de las hipotéticas diferencias que hubieran podido producirse en la política del Próximo Oriente de aceptar Albert Einstein la presidencia del estado de Israel.)

Tras abandonar Alemania, Einstein tuvo noticia de que los nazis habían puesto un precio de 20.000 marcos a su cabeza. («Ignoro si era un precio demasiado alto».) Aceptó una oferta para incorporarse al recién fundado Instituto de Estudios Avanzados de Princeton, Nueva Jersey, y allí residiría el resto de sus días. Cuando se le pidió qué salario deseaba percibir, sugirió 3.000 dólares anuales. Ante la cara de perplejidad del representante del Instituto, dedujo que se había excedido y rebajó su demanda. El salario que se le asignó fue de 16.000 dólares anuales, una suma realmente respetable en los años 30.

Tan grande era el prestigio de Einstein que fue completamente natural que otros físicos europeos emigrados a Estados Unidos le pidieran en 1939 que escribiera una carta al presidente Franklin D. Roosevelt en la que se propusiera la construcción de una bomba atómica para contrarrestar el esfuerzo alemán para hacerse con armas nucleares. Aunque Einstein no había trabajado en física nuclear y posteriormente no desempeñaría el menor papel en el Proyecto Manhattan, escribió la carta inicial que llevaría a la aprobación del mismo. No obstante, parece más que probable que los Estados Unidos se hubiesen decidido a la construcción de la bomba atómica con o sin el apremio epistolar de Einstein. Por lo demás, el descubrimiento de la radiactividad por Antoine Becquerel y la investigación del núcleo atómico por parte de Ernest Rutherford —una y otro llevados a cabo con absoluta independencia respecto a los trabajos de Einstein— hubieran desembocado con toda probabilidad en el desarrollo y fabricación de armas nucleares. El temor de Einstein ante la Alemania nazi había contribuido en gran medida a modificar, aunque no sin pesar, sus puntos de vista pacifistas. Pero cuando comenzó a traslucirse que los nazis no habían conseguido desarrollar la tecnología de las armas nucleares, Einstein se sintió embargado por los remordimientos: «Ahora que sé que los alemanes no están en condiciones de construir una bomba atómica, quisiera no haber tenido nada que ver con ella».

En 1945 Einstein instó a los Estados Unidos a que rompiera sus relaciones con la España de Franco, quien durante la Segunda Guerra Mundial había dado soporte a las fuerzas nazis. John Rankin, congresista conservador por Mississippi, atacó a Einstein en un discurso pronunciado ante la Cámara de Representantes, señalando que «este agitador nacido allende nuestras fronteras quisiera sumergirnos en otra guerra para facilitar la expansión del comunismo a través del mundo... Ya es hora de que el pueblo americano empiece a darse cuenta de quién es el tal Einstein».

Einstein fue un acérrimo defensor de las libertades civiles en los Estados Unidos durante las épocas más sombrías del macarthismo, a finales de los 40 y principios de los 50. Mientras observaba la subida de la marea de la histeria, empezó a albergar el poco tranquilizador sentimiento de que ya había vivido algo similar en su Alemania natal durante la década de los 30. Solicitó a los acusados que se negaran a testificar ante el Comité de Actividades Antinorteamericanas, señalando que todo individuo debía estar «dispuesto a asumir su ruina económica o penas de cárcel... a sacrificar su bienestar personal en beneficio de... su país». Sostuvo que existía «la obligación de negarse a cooperar en toda acción que violase los derechos constitucionales del individuo. Y ello vale de forma muy especial para todo interrogatorio relacionado con la vida privada y las filiaciones políticas de cualquier ciudadano...». Einstein fue amplia y duramente atacado por la prensa estadounidense a causa de su postura. El propio senador Joseph McCarthy señalaba en 1953 que alguien que hacía tales advertencias era «un indudable enemigo de América». En los últimos años de la vida de Einstein, era postura usual en determinados círculos reconocer su genio científico al tiempo que se mostraba un abierto disgusto por sus opiniones políticas, tildadas frecuentemente de «ingenuas». Pero los tiempos han cambiado, y creo que es mucho más razonable argumentar desde una perspectiva completamente diferente sobre este punto. En el campo de la física, donde las ideas pueden medirse cuantitativamente y verificarse con enorme precisión, las intuiciones einstenianas se han mostrado irrefutables. Por lo demás, resulta asombroso que tuviera tal claridad de visión en el mar de confusiones donde otros habían naufragado. Así pues, ¿no será mucho más razonable considerar que en el mucho más sombrío terreno de la política sus opiniones gozan de una validez fundamental?

Durante los años pasados en Princeton, lo mismo que a lo largo de toda su vida, la pasión motriz de Einstein fue la elucubración intelectual. Trabajó amplia y profundamente en la elaboración de una teoría del campo unificado susceptible de abrazar en un marco común las fuerzas gravitatorias, eléctricas y magnéticas, aunque es opinión generalizada que sus esfuerzos no se vieron coronados por el éxito. Su vida se prolongó lo suficiente como para ver su teoría general de la relatividad convertida en herramienta fundamental para la interpretación de la macroestructura y evolución del universo, y le hubiese embargado el gozo contemplar personalmente la fructífera aplicación de la relatividad general a la astrofísica de nuestros días. Jamás llegó a comprender el trato reverencial que se le dispensaba, llegando incluso a lamentar que sus colegas y graduados de Princeton no le abordaran inopinadamente por miedo a molestarle.

En contrapartida, escribiría: «Mi apasionado interés por la justicia y la responsabilidad ha estado siempre en curioso contraste con un escaso deseo de asociarme de forma directa con otros hombres y mujeres. No soy un caballo de reata, no sirvo para el trabajo a dos o en equipo. Jamás he llegado a integrarme plenamente y con todas sus consecuencias en ningún país o estado, en mi círculo de amistades o incluso en el seno de mi propia familia. Los vínculos han venido siempre de un vago retraimiento, y con los años va creciendo este permanente deseo de encerrarme en mi mismo. A veces este aislamiento resulta amargo, pero no lamento verme privado de la comprensión y la simpatía de otros hombres. Algo pierdo con ello, que duda cabe, pero me siento compensado por haberme visto libre de costumbres, opiniones y prejuicios de otros y no haber buscado la paz de mi espíritu en tan mudables fundamentos».

Durante toda su vida tuvo como principales distracciones la navegación y tocar el violín. En ciertos aspectos, Einstein puede considerarse dentro de su época como una especie de *hippie* militante. La longitud de su blanca mata de pelo era notable, y prefería ir con sueters y cazadoras de piel que trajeado, incluso en ocasiones de compromiso. Hombre sencillo, sin

la menor pretensión ni afectación, señalaba que «a todos les hablo igual, ya sea el basurero o el Presidente de la Universidad». Era persona asequible, y en no pocas ocasiones se prestó gustosamente a ayudar a estudiantes secundarios en la resolución de problemas geométricos —por cierto, no siempre con éxito. Dentro de la mejor tradición científica, se mostró receptivo frente a las ideas innovadoras, aunque siempre les exigiera una rigurosa verificación. Tampoco rechazó de plano, a pesar de haberse mostrado escéptico, las tesis del catastrofismo planetario en la historia reciente de nuestro planeta y los experimentos encaminados a sostener la existencia de la percepción extrasensorial; en este último caso, sus reservas arrancaban del supuesto que sostiene que las habilidades telepáticas no se ven disminuidas al aumentar la distancia entre emisor y receptor.

En materia de religión, el pensamiento de Einstein era bastante más elaborado que lo usual y de ahí que fuera interpretado erróneamente en multitud de ocasiones. Con ocasión de la primera visita de Einstein a los Estados Unidos, el cardenal de Boston por aquel entonces, O'Connell, proclamaba que la teoría de la relatividad «encubría la espectral aparición del ateísmo». Tales declaraciones alarmaron a un rabino de Nueva York, quien mandó de inmediato a Einstein un telegrama con el siguiente texto: «¿Cree usted en Dios?». La respuesta de Einstein, inmediata y por idéntica vía, fue la siguiente: «Creo en el Dios de Spinoza, que se nos revela en la armonía que rige a todos los seres del mundo, no en el Dios que se implica en los destinos y acciones de los hombres», planteamiento de la cuestión religiosa bastante sutil y que en la actualidad comparte un buen número de teólogos. Las creencias religiosas de Einstein eran auténticamente sentidas. Durante las décadas de los 20 y los 30 manifestó serias dudas acerca de uno de los postulados básicos de la mecánica cuántica, el que sostiene que a los niveles más fundamentales de la materia las partículas tienen un comportamiento impredecible, formulación conocida como principio de incertidumbre de Heisenberg. Para Einstein, «Dios no juega a los dados con el cosmos». Asimismo, en otra ocasión afirmaba, «Dios es sutil, pero no malicioso». De hecho, era tal la afición de Einstein a este tipo de aforismos, que en cierta ocasión el físico danés Niels Bohr le respondió algo exasperado, «basta de decir que hace y que no hace Dios». No obstante, no son pocos los físicos que creen que si alguien ha llegado a penetrar las intenciones de Dios, este ha sido Einstein.

Uno de los fundamentos de la teoría de la relatividad especial es la imposibilidad de que ningún objeto material pueda llegar a trasladarse a la velocidad de la luz. Tal barrera lumínica ha incomodado seriamente a quienes no admiten límite alguno para las posibilidades de acción de la especie humana. No obstante, el límite de la velocidad de la luz, nos permite comprender de un modo simple y elegante un buen número de cosas de nuestro universo que antes de su aparición eran misterios. Allí donde arrancó, Einstein también sembró. Varias de las consecuencias de la relatividad especial parecen enfrentarse de plano con nuestra intuición, se muestran incompatibles con nuestra experiencia cotidiana, y a pesar de ello aparecen de forma detectable cuando viajamos a una velocidad muy próxima a la de la luz —por lo demás, velocidad a la que poca es la experiencia que puede aportar el sentido común (cf. capítulo 2). Una de tales consecuencias es que, si viajamos a una velocidad suficientemente próxima a la de la luz, el tiempo transcurre cada vez más lentamente, y esta contracción temporal la registran tanto los relojes de pulsera y atómicos como nuestros propios relojes biológicos. En consecuencia, un vehículo espacial que viajase a una velocidad muy próxima a la de la luz cubriría la distancia entre dos puntos cualesquiera, fuera esta la que fuese, en un periodo de tiempo muy breve si lo medimos a bordo de la nave, pero que no sería tal de medirlo sobre los puntos de partida y destino. Algun día podremos viajar hasta el centro de la Vía Láctea y volver en unas pocas décadas según los relojes de a bordo, pero mientras, en la Tierra, los años transcurridos serán alrededor de 6.000. Pocos serán los amigos que contemplaron vuestra partida que os rodeen para celebrar el retorno. Un vago reconocimiento de este fenómeno de dilatación temporal queda recogido en la película *Encuentros en la tercera fase*, aunque también se incorpore en ella la gratuita opinión de que Einstein quizá fuese un extraterrestre. Que duda cabe, sus percepciones fueron auténticamente asombrosas, pero fue un individuo muy humano, y su vida se alza como ejemplo de hasta donde pueden llegar los seres humanos que gocen de suficiente talento y coraje para abordar una empresa.

La última actuación pública de Einstein fue unirse a Bertrand Russell y a otros muchos científicos y pensadores en un fallido intento de proclamar un manifiesto en favor de la abolición de las armas nucleares. Einstein argumentaba que el armamento nuclear lo había cambiado todo excepto nuestra forma de pensar. En un mundo parcelado en estados hostiles, Einstein consideraba la energía nuclear como la mayor amenaza para la supervivencia de la raza humana. Decía al respecto, «debemos elegir entre la prohibición total de las armas nucleares o una aniquilación general... El nacionalismo es una enfermedad infantil, el sarampión de la humanidad... Nuestros libros de texto glorifican la guerra y encubren sus horrores. Inoculan el odio en las venas de nuestros muchachos. Yo quiero enseñar la paz, no la guerra. Quiero inculcar amor, no odio».

Cuando contaba sesenta y siete años, nueve antes de su muerte en 1955, Einstein resumía así una vida de investigación: «Mas allá está un mundo inmenso, que existe al margen de nosotros, los seres humanos, y que se nos muestra como un grandioso y eterno enigma, aunque parcialmente accesible nuestro análisis y especulación. La contemplación de este mundo nos llama como una liberación... El camino hasta este paraíso no es tan confortable ni tentador como el que conduce al edén religioso, aunque se nos ha mostrado seguro y digno de confianza. Por mi parte, no lamento en absoluto haberlo escogido».

## 4. ELOGIO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGÍA

El cultivo de la mente es un alimento para el alma humana.

MARCO TULLIO CICERON

De finibus bonorum et malorum (4544 a. C.)

Para unos, la ciencia es una sublime diosa, para otros, una vaca que suministra excelente mantequilla.

FRIEDRICH VON SCHILLER, Xenien (1796)

A mediados del siglo XIX, el científico británico Michael Faraday, hombre en buena medida autodidacta, era visitado por su monarca, la reina Victoria. Entre los múltiples descubrimientos de Faraday, algunos de obvia e inmediata aplicación práctica, se hallaban extraños artilugios eléctricos y magnéticos, por aquel entonces, poco más que simples curiosidades de laboratorio. En el tradicional diálogo entre jefes de estado y jefes de laboratorio, la reina Victoria preguntaría a Faraday por la utilidad de sus estudios, a lo que éste le replicó: «¿Y para qué sirve un niño, madame?» Faraday creía que con el tiempo la electricidad y el magnetismo se convertirían en algo práctico

Por esta misma época, el físico escocés James Clerk Maxwell elaboró cuatro ecuaciones matemáticas que tenían como base la obra de Faraday y otros predecesores experimentales, ecuaciones en las que se establecía una relación cuantitativa entre las cargas y corrientes eléctricas y los campos magnéticos. Las ecuaciones presentaban una curiosa falta de simetría, y el hecho preocupó a Maxwell. La falta de estética de las ecuaciones inicialmente propuestas condujo a Maxwell a proponer un término adicional para una de ellas, la denominada corriente de desplazamiento, y todo ello con el único objetivo de obtener un sistema de ecuaciones simétrico. Su argumentación era básicamente intuitiva, pues no existía la menor evidencia experimental del tipo de corriente citado. Sin embargo, la propuesta de Maxwell tuvo asombrosas consecuencias. Las ecuaciones de Maxwell corregidas postulaban implícitamente la existencia de la radiación electromagnética y encuadraban la de los rayos gamma, los rayos X, la luz ultravioleta, la luz visible, los infrarrojos y las ondas radio. Éstas fueron las ecuaciones que estimularon el descubrimiento de la relatividad especial por parte de Einstein. La unión de los trabajos experimental y teórico de Faraday y Maxwell llevaría, un siglo después, a una revolución técnica sin precedentes en nuestro planeta. La luz eléctrica, teléfono, tocadiscos, radio, televisión, transportes refrigerados que permiten tomar productos frescos a gran distancia de sus puntos de origen, marca-pasos cardíacos, plantas hidroeléctricas, alarmas automáticas contra incendios y sistemas de riego por aspersión, trolebuses y metros, computadoras electrónicas, he aquí unos pocos descendientes en línea directa de los oscuros artilugios ideados por Faraday y la insatisfacción estética sentida por Maxwell ante unos pocos símbolos matemáticos garabateados sobre una hoja de papel. La mayor parte de las aplicaciones prácticas de la ciencia se han convertido en realidad por caminos tan extraños e impredecibles como el de nuestro ejemplo. En los días de la reina Victoria no se habría encontrado dinero suficiente ni para iniciar la producción de, por poner un ejemplo, televisores. Pocos se atreverán a negar que los efectos netos de las invenciones reseñadas son positivos. Son muchos los jóvenes profundamente desencantados con la civilización tecnológica occidental, y a menudo por muy buenas razones, que mantienen un apasionado apego por ciertos aspectos de la tecnología de nuestra época muy sofisticada -por ejemplo

por los equipos musicales electrónicos de alta fidelidad. Algunos de los inventos citados han modificado fundamental y globalmente el carácter de nuestra sociedad. Al facilitarse la comunicación han perdido su provincianismo muchas zonas del planeta, al tiempo que disminuían las diferencias culturales de orden local. Todas las sociedades humanas reconocen virtualmente las ventajas prácticas de estos inventos. Las naciones de reciente formación muy raramente sufren los efectos negativos de la alta tecnología, como por ejemplo la contaminación ambiental; en todo caso, han decidido sin vacilaciones que los beneficios pesan más que los riesgos. En uno de sus aforismos, Lenin señaló que socialismo más electrificación equivalía a comunismo, aunque la realidad ha venido a demostrar que el progreso de la tecnología más avanzada no ha sido más vigoroso y creativo en los países comunistas que en los del mundo occidental. Los cambios sociales se han producido con tal rapidez que es mucha la gente que ha encontrado difícil adaptarse a los nuevos tiempos. Muchos hombres nacidos antes de que alzara el vuelo el primer aeroplano han vivido para ver como el Viking se posaba sobre la superficie de Marte y el Pioneer 10, el primer ingenio interestelar, abandonaba los límites de nuestro sistema solar. Gentes crecidas bajo un código sexual de severidad victoriana se hallan inmersos ahora en un mundo substancialmente dominado por la libertad sexual gracias al desarrollo y uso generalizado de los anticonceptivos. La velocidad del cambio ha desorientado a muchos, de ahí que sea fácil comprender las nostálgicas llamadas que postulan un retorno a formas de existencia precedentes de mayor simplicidad.

No obstante, y para poner un ejemplo, la mayor parte de la población de la Inglaterra victoriana estaba sometida a unas condiciones de vida y trabajo degradantes y desmoralizadoras si las comparamos con las de las sociedades industriales actuales, y las estadísticas de esperanza de vida y mortalidad infantil eran por entonces auténticamente aterradoras. La ciencia y la tecnología quizá sean parcialmente responsables de muchos de los problemas más graves que hoy tenemos planteados, pero lo serán en gran parte a causa de la inadecuada comprensión de los mismos por parte del ciudadano medio (la tecnología es una herramienta, no una panacea) y del insuficiente esfuerzo que se ha hecho para acomodar nuestra sociedad a las nuevas tecnologías. Considerados tales extremos, todavía me asombro de que la especie humana haya actuado tan bien como lo ha hecho. Las alternativas luditas nada pueden resolver. Más de mil millones de personas actualmente vivas deben su existencia a la superación de sus antiguos niveles más que insuficientes de nutrición gracias al desarrollo de la tecnología agrícola. Y probablemente no sea menor el número de los que han sobrevivido o logrado evitar deformaciones, lisiamientos y enfermedades mortales en razón de los avances experimentados por la tecnología médica. Si abandonáramos nuestra sofisticada tecnología, abandonaríamos a un mismo tiempo a toda esa gente. La ciencia y la tecnología pueden ser causantes de algunos de nuestros problemas, pero lo indudable es que constituyen un elemento esencial de toda solución previsible para los mismos, ya sea a nivel nacional o a nivel planetario.

Creo que con un poco más de esfuerzo por su parte la ciencia y la tecnología habrían conseguido atender con mayor eficacia tanto a su comprensión pública como a los objetivos últimos que deben presidir la evolución de la humanidad. Por ejemplo, poco a poco nos hemos ido percatando de que las actividades humanas pueden tener efectos nocivos, no sólo de orden local, sino también sobre el medio ambiente global. Unos pocos equipos de investigación dedicados al estudio de la fotoquímica atmosférica descubrieron por casualidad que los halocarbonos que sirven de propelente en los aerosoles pueden pervivir durante largos períodos de tiempo en la atmósfera, trasladarse hacia la estratosfera, destruir parcialmente su ozono y permitir así el acceso a la superficie terrestre de las radiaciones ultravioleta de la luz solar. La consecuencia más subrayada de este fenómeno era el aumento del cáncer de piel en los individuos de raza blanca (los negros están mucho mejor adaptados a la recepción de un mayor flujo de radiaciones ultravioleta) Sin embargo, y a pesar de ser mucho más seria, poca ha sido la importancia concedida por el público a la posibilidad de que el aumento de radiación ultravioleta sobre nuestro planeta trajera consigo la destrucción de microorganismos que ocupan la base de la elaborada cadena alimentaria que culmina en el Homo sapiens. Finalmente, se han dado algunos pasos en cuanto a la prohibición de usar halocarbonos en los aerosoles (aunque nadie parezca inquietarse por la utilización de estos mismos compuestos en los refrigeradores), con lo que



quizá poco haya sido lo hecho para resolver el problema real. Para mí, lo más inquietante de toda esta historia es el carácter accidental que ha rodeado a tales descubrimientos. Uno de los equipos se percató del problema gracias a unos adecuados programas de computador que estaban estudiando... la química de la atmósfera de Venus, que alberga ácidos hidroclicórico e hidroflicúrico. Para sobrevivir se hace imprescindible la creaci3n de un amplio y diversificado conjunto de equipos de investigaci3n que se ocupen de la enorme multiplicidad de problemas que plantea la ciencia pura. ¿Cuántos no serán los problemas, incluso de mayor gravedad, que ni siquiera nos planteamos porque ningún grupo de investigadores ha tropezado con ellos? Por cada problema que hemos analizado, como por ejemplo el de los efectos de los halocarbonos sobre la ozon3sfera, ¿cuántas docenas no se nos habrán quedado en el saco? Es realmente asombroso constatar que en ninguno de los centros estatales, principales universidades del pa3s o instituciones privadas dedicadas a la investigaci3n exista un solo grupo de investigadores altamente cualificados, ampliamente interdisciplinario y dotado de medios econ3micos suficientes que se dedique a detectar y denunciar eventuales catástrofes futuras derivadas del desarrollo incontrolado de nuevas tecnolog3as.

Si se desea que sean efectivas, tales organizaciones de investigaci3n y asesoramiento sobre el medio ambiente deben establecerse desde una perspectiva pol3tica substancialmente valerosa. Las sociedades tecnologicas se encuentran en el marco de una ecología impenetrablemente industrial, una tupida red entretrejida por supuestos e intereses econ3micos. Es sumamente difícil romper uno de los nudos de la red sin que repercuta en todos los demás. Todo juicio en el que se sostenga que cierto desarrollo tecnologico acabará perjudicando a la humanidad implica la p3rdida de determinados beneficios para alg3n grupo. Por ejemplo, los principales fabricantes de propelentes halocarb3nicos, la DuPont Company, han adoptado una curiosa postura en todos los debates p3blicos sobre la destrucci3n de la ozon3sfera por parte de los halocarbonos; a saber, la de que todas las conclusiones al respecto eran «te3ricas». En su postura parece ir implícito que s3lo dejarían de fabricar halocarbonos si tales conclusiones fuesen probadas experimentalmente, es decir, cuando ya hubiese sido destruida la ozon3sfera. Hay ciertos problemas para cuya resoluci3n nos basta con tener en cuenta evidencias inferibles, pues una vez producida la catástrofe la situaci3n se ha tornado irreversible.

De modo similar, el nuevo Ministerio de la Energ3a s3lo será útil si se mantiene al margen de intereses comerciales encubiertos, si tiene libertad para propugnar nuevas opciones aunque conlleven la p3rdida de dividendos para determinadas industrias. Y lo mismo vale para la investigaci3n farmacéutica, la de motores susceptibles de sustituir a los de combusti3n interna y otras muchas tecnolog3as punta. Creo que el desarrollo de nuevas tecnolog3as no debe estar bajo el control de las viejas; la tentaci3n de suprimir toda posible competici3n es demasiado grande. Si los americanos vivimos en una sociedad que defiende la libre empresa, deberemos velar para que el control de las industrias de las que puede depender nuestro futuro sea substancialmente independiente. Si las organizaciones dedicadas a investigar la innovaci3n tecnologica y sus límites de aceptabilidad no se enfrentan (e incluso, en muchos casos, atacan) a ciertos poderosos grupos de presi3n, no están cumpliendo con su finalidad.

Muchos son los progresos tecnologicos de orden práctico que no alcanzan su pleno desarrollo por falta de apoyo gubernamental. Por poner un ejemplo, por angustioso que sea el problema del c3ncer no creo que pueda sostenerse que nuestra civilizaci3n se halle amenazada por esta enfermedad. Una erradicaci3n completa del c3ncer aumentará nuestra esperanza de vida media en s3lo unos pocos años, mientras van extendiéndose otras enfermedades que actualmente no gozan de la atenci3n dispensada al mismo. Parece una hip3tesis sumamente plausible que nuestra civilizaci3n se halle bajo una inmediata y seria amenaza, la falta de un control de la fertilidad adecuado. El incremento exponencial de la poblaci3n sobrepasará en mucho todo crecimiento aritmético, incluso el obtenido a través de las más modernas iniciativas tecnologicas, en cuanto a disponibilidad de recursos alimentarios, como por lo demás previera Malthus hace ya muchos años. Mientras algunas naciones industrializadas se están acercando a un crecimiento cero de su poblaci3n, el mundo contemplado globalmente está muy lejos de seguir este mismo rumbo.

Pequeñas fluctuaciones climáticas pueden destruir poblaciones enteras que dependan de economías marginales. En las sociedades más bien pobres en tecnología y en las que la perspectiva de alcanzar la edad adulta es bastante incierta, tener muchos hijos es la única forma de combatir tan desesperado y azaroso futuro. Mientras proliferan las armas nucleares al margen de toda consideración moral, cuando la elaboración de un ingenio atómico se ha convertido casi en una industria artesanal casera, la proliferación de hambrunas y el cada vez más profundo desnivel de riquezas entre unos países y otros plantean peligros muy serios tanto a las naciones desarrolladas como a las todavía sumergidas en el subdesarrollo. La resolución de todos estos problemas va condicionada a una mejora educativa, como mínimo la consecución para todo país de un nivel de autosuficiencia tecnológica, y, de forma muy especial, una justa distribución de los recursos mundiales. Aunque no basta con ello, pues también se hace imprescindible la puesta en marcha de programas anticonceptivos completamente adecuados (píldoras anticonceptivas para hombres y mujeres, gratuitas y de acción lo más prolongada posible, seguramente de un mes cada toma o incluso períodos más largos). La puesta en marcha de proyectos de este tipo será de enorme utilidad no sólo en países extranjeros, sino en nuestro propio suelo, donde empieza a difundirse una considerable inquietud acerca de los efectos secundarios de los anticonceptivos orales típicos a base de estrógenos. ¿Por qué nuestro país no dedica un mayor esfuerzo investigativo a este terreno?

Actualmente se están planteando otras muchas alternativas tecnológicas que merecen un examen serio y en profundidad. Se trata de proyectos que oscilan entre presupuestos bajísimos y enormes inversiones económicas. En un extremo de la escala se sitúan las tecnologías blandas, como por ejemplo las que propugnan el desarrollo de sistemas ecológicos cerrados que engloben algas, quisquillas y peces criados en estanques rurales; se obtendrían así alimentos altamente nutritivos con un costo de producción extraordinariamente bajo, mientras que también serían muy pequeños los gastos precisos para hacerse con los suplementos que completasen adecuadamente la dieta. En el otro polo, encontramos la propuesta de Gerard O'Neill, investigador de la Universidad de Princeton; su proyecto, construir grandes ciudades orbitales que, mediante la utilización de materiales lunares y asteroidales, tuviesen capacidad para crear nuevas urbes en el espacio contando tan sólo con recursos extraterrestres. Tales ciudades-satélites de la Tierra podrían encargarse de convertir la luz solar en microondas energéticas y enviar la energía obtenida hasta nuestro planeta. La idea de construir ciudades aisladas en el espacio -cada una de ellas quizá construida sobre presupuestos sociales, económicos y políticos distintos, o con diferentes antecedentes étnicos- es sumamente atractiva, una soberbia oportunidad para los individuos desencantados de las civilizaciones terrestres de adoptar su propia vida en algún punto del cosmos. Siglos atrás, América proporcionó idéntica oportunidad a inadaptados, ambiciosos y aventureros. Las ciudades espaciales serán una especie de continente americano en los cielos, al tiempo que acrecentarán ampliamente el potencial de supervivencia de la especie humana. Sin embargo, el proyecto es extremadamente oneroso, con un costo mínimo equivalente al de la guerra de Vietnam (en dinero, no en vidas). Por lo demás, la idea tiene como enojoso contrapunto la decisión de abandonar la resolución de otros problemas que tenemos sobre nuestro planeta, donde, después de todo, también pueden establecerse con unos costes muchísimo más bajos comunidades de pioneros autosuficientes.

Es indudable que el número de proyectos tecnológicos actualmente realizables excede con mucho a nuestras posibilidades materiales. Algunos son proyectos extremadamente rentables a la larga, pero exigen una inversión inicial tan alta que los convierte en prácticamente inviables. Otros necesitan una inversión inicial de recursos atrevida, imposible sin una previa revolución en los esquemas mentales de nuestra sociedad. Debemos ser extremadamente cuidadosos al considerar cada una de las opciones. La estrategia más prudente nos aconseja combinar bajo riesgo con rendimiento regular o un riesgo mediano razonable con elevados rendimientos.

Para que tales iniciativas tecnológicas lleguen a ser comprendidas y apoyadas es esencial que se produzca un mejoramiento substancial del conocimiento científico y técnico por parte de la mayoría de la humanidad. Somos seres pensantes; nuestras mentes constituyen

nuestra característica diferencial como especie. No somos ni más fuertes ni más activos que muchos otros de los animales que comparten con nosotros el planeta. Lo único que somos es más ingeniosos. Además de los inmensos beneficios prácticos que derivamos de nuestro conocimiento científico, la contemplación de la ciencia y la tecnología nos permite ejercitar nuestras facultades intelectuales hasta los límites de nuestra capacidad. La ciencia no es más que una exploración del intrincado, sutil e imponente universo que habitamos. Quienes la practican conocen, aunque sólo sea ocasionalmente, aquel raro tipo de felicidad que Sócrates definiera como el mayor de los placeres humanos. Y además es un placer transferible. Para facilitar la participación de un público bien informado en la toma de decisiones tecnológicas, combatir la alienación que nuestra sociedad tecnológica genera en demasiados ciudadanos y disfrutar por el hecho de que nuestro conocimiento sobre algo es más profundo, es imprescindible una sustancial mejora en la educación científica, una exposición más amplia y cabal de sus poderes y encantos. Y un buen punto de partida sería contrarrestar el destructivo declive del número de profesores y alumnos interesados por la investigación científica o su enseñanza a todos los niveles.

Los medios más eficaces de comunicación de la ciencia a las grandes masas son la televisión, el cine y la prensa. Pero lo más frecuente es que la visión de la ciencia que se ofrece en tales medios sea aburrida, inadecuada, sombría, bastamente caricaturizada (como sucede en muchos de los programas televisivos de cadenas comerciales dedicados a los niños los sábados por la mañana) o incluso hostiles. Se han producido en épocas muy recientes asombrosos descubrimientos en la exploración de planetas, el papel que desempeñan una serie de minúsculas proteínas en nuestra vida emocional, las colisiones de continentes, la evolución de la especie humana (y la medida en que nuestro pasado prefigura nuestro futuro), la estructura última de la materia (y la cuestión de si quizá podemos ir encontrando indefinidamente partículas más elementales), la posibilidad de comunicarnos con civilizaciones instaladas en otros planetas o estrellas, la naturaleza del código genético (que predetermina nuestra herencia y fija nuestros lazos de parentesco con todas las plantas y animales que habitan nuestro planeta), y las interrogaciones fundamentales sobre el origen, naturaleza y destino de la vida, nuestro mundo y el universo contemplado como un todo. Los logros más recientes sobre estos temas puede comprenderlos a la perfección cualquier persona inteligente. Y en tal caso, ¿por qué se discute tan poco sobre ellos en los medios de comunicación, en las escuelas o en nuestras conversaciones cotidianas?

Una excelente forma de caracterizar cualquier civilización es tomar en consideración el modo en que plantean la resolución de todos estos problemas, la manera en que alimentan tanto a su cuerpo como a su espíritu. La moderna elucidación científica de estas cuestiones constituye un intento de adquirir un punto de vista genéricamente aceptado acerca de cuál es nuestro lugar en el cosmos, y requiere imprescindiblemente una creatividad despierta, un cierto escepticismo mental y un vivo sentimiento de admiración ante el cosmos. Los interrogantes reseñados son bastante distintos de las cuestiones prácticas de que hablaba poco antes, pero están en estrecha vinculación con ellas y -como en el ejemplo ofrecido de Faraday y Maxwell- la estimulación de la investigación pura debe convertirse en la más sólida garantía de que acabaremos teniendo a nuestra disposición los medios técnicos e intelectuales que nos permitan abordar a satisfacción los problemas con que nos enfrentamos.

Sólo una parte muy pequeña de los jóvenes más capacitados escoge carreras científicas. Me quedo maravillado al ver que la capacidad y el entusiasmo ante la ciencia es mucho mayor en los niños que acuden a escuelas primarias que entre los muchachos de secundaria. Algo sucede durante los años escolares que les desalienta y les hace perder el interés (y no es básicamente la pubertad); debemos comprender y paliar este peligroso desencanto. Nadie puede predecir de dónde saldrán las figuras científicas del futuro. Albert Einstein se convirtió en científico, no gracias, sino a pesar de su escolarización (Cf. cap. 3). En su Autobiografía, Malcolm X nos habla de un corredor de apuestas que jamás llegó a escribir ni una sola cifra, aunque nunca tuvo tampoco el menor problema para retener de memoria un auténtico mundo de transacciones y cantidades. Y se preguntaba Malcolm, ¿qué contribución social no hubiera podido llevar a cabo una persona de tales capacidades con

una educación y estímulo adecuados? Nuestros más brillantes jóvenes son un recurso nacional y mundial, y por tanto precisan cuidados y alimentación especiales.

Muchos de los problemas que se nos plantean son solubles, pero sólo si estamos dispuestos a aceptar soluciones atrevidas, brillantes y complejas. Y tales soluciones las encontrarán individuos atrevidos, brillantes y complejos, y creo que a nuestro alrededor existen muchos más, sea cual sea la nación, el grupo étnico y el estado social, de cuantos creemos. Por descontado, la educación de tales jóvenes no debe quedar restringida a los terrenos de la ciencia y la tecnología, pues una aplicación creativa de la nueva tecnología a los problemas humanos requiere una profunda comprensión de la naturaleza y la cultura humanas, una educación general en el más amplio sentido del término.

Nos encontramos en una encrucijada histórica. Ninguno de los momentos precedentes se ha mostrado a un tiempo tan peligroso y tan prometedor. Somos la primera especie que tendrá en sus propias manos su evolución como tal. Por vez primera en la historia disponemos de medios para provocar nuestra propia destrucción, intencionada o inadvertidamente. También disponemos, creo, de los medios para pasar de este estadio de adolescencia tecnológica a una madurez rica, colmada y duradera para todos los miembros de nuestra especie. Sin embargo, ya no queda mucho tiempo para decidir por cuál de los senderos de la encrucijada encaminamos a nuestros hijos y nuestro futuro.

## Segunda Parte: Los Fabricantes de Paradojas

### 5. SONÁMBULOS Y TRAFICANTES EN MISTERIOS: SENTIDO Y SINSENTIDO EN LAS FRONTERAS DE LA CIENCIA

LOS LATIDOS DE UNA PLANTA ESTREMECEN A UNA REUNIÓN DE CIENTÍFICOS EN OXFORD

Sabio hindú causa nuevo asombro al mostrar «sangre» manando de la planta

EL PÚBLICO, TOTALMENTE ABSORTO,

contempla con el ánimo en suspenso cómo el conferenciante combate a muerte con una planta de linaria.

The New York Times, 7 de agosto de 1926, p. 1

William James solía predicar la «voluntad de creer». Yo, por mi parte, quisiera predicar la «voluntad de dudar»... Lo que se persigue no es la voluntad de creer, sino el deseo de descubrir, que es exactamente lo opuesto.

BERTRAND RUSSELL Sceptical Essays (1928)

Durante el reinado del emperador romano Marco Aurelio, en el siglo II de nuestra era, vivió en Grecia un magistral timador llamado Alejandro de Abonúptico. Elegante, hábil, inteligente y falto por completo de escrúpulos, según palabras de uno de sus contemporáneos, iba de un lado para otro haciendo gala de oscuras pretensiones. Su engaño más célebre consistió en «irrupir en la plaza del mercado, sin más vestimenta que un taparrabos de lentejuelas de oro y su cimitarra, agitando al viento su larga melena, como lo hacen los fanáticos que recolectan dinero en nombre de Cibeles, se encaramó a un elevado altar y desde allí arengó a la multitud» anunciando el advenimiento de un nuevo dios oracular. Alejandro exhortó a la construcción de un templo en aquel mismo lugar, idea aceptada de inmediato por la multitud que le rodeaba, y descubrió -en el lugar donde lo había previamente enterrado, desde luego- un huevo de oca en cuyo interior había encerrado una cría de serpiente. Abriendo el huevo, anunció al gentío que el nuevo dios profetizado era precisamente aquella pequeña serpiente. Alejandro se retiró luego a su casa durante unos pocos días, y cuando decidió volver a presentarse ante el pueblo expectante lo hizo con una enorme serpiente enroscada alrededor de su cuerpo; la serpiente habría crecido asombrosamente en el ínterin.

En realidad, la serpiente era de una variedad convenientemente grande y dócil que para tal propósito se había procurado tiempo antes en Macedonia, y además estaba provista de una caperuza de lino de aspecto vagamente humano. El templo estaba apenas iluminado. A causa de la presión ejercida por la multitud expectante, ningún visitante podía permanecer demasiado tiempo en la habitación o examinar la serpiente con detenimiento. En consecuencia, la opinión difundida entre la multitud era que el profeta les entregaba un auténtico dios.

A continuación Alejandro indicó que el dios era capaz de dar respuesta a preguntas planteadas por escrito que se entregaran dentro de sobres sellados. Una vez a solas, doblaba o rasgaba el sello, leía el mensaje, recomponía con todo cuidado el sobre e

introducía el texto original al que había añadido una respuesta. Pronto llegaría gente de todo el imperio para atestiguar con sus ojos la existencia de una maravillosa serpiente pitonisa con cabeza humana. En caso de que la respuesta del oráculo se mostrase luego, ya no ambigua, sino claramente errónea, Alejandro tenía una solución muy simple: alterar el contenido de la respuesta escrita previamente. Además, cuando la interrogación de alguna persona adinerada envolvía alguna flaqueza humana o secreto punible, Alejandro no tenía el menor escrúpulo en extorsionar a su cliente. El resultado de todo este fabuloso tinglado produjo unos ingresos equivalentes hoy en día a varios cientos de miles de dólares anuales, además de una fama con la que pocos hombres de la época podían rivalizar.

Quizá sonriamos ante Alejandro, el traficante de profecías. Todos quisiéramos vaticinar el futuro y entrar en contacto con los dioses, pero hoy en día es imposible que nos veamos envueltos en un fraude de este tipo. ¿O acaso no lo es? M. Lámbar Keene vivió durante trece años de sus servicios como médium espiritista. Era pastor de la Iglesia Asamblearia de la Nueva Era, en Tampa, uno de los administradores legales de la Asociación Espiritista Universal y, durante muchos años, una de las figuras señeras de la principal corriente del movimiento espiritista americano. Asimismo, fue un timador confeso, convencido, y ello con informaciones de primera mano, de que prácticamente todas las sesiones, conferencias y mensajes procedentes del más allá y obtenidas con la intervención de médiums eran supercherías intencionadas, fraudes destinados a explotar la aflicción y añoranza que todos sentimos por nuestros amigos y parientes muertos. Como Alejandro, Keene podía responder a interrogaciones escritas depositadas en sobres cerrados, pero él no lo hacía en privado sino desde un púlpito. Keene leía las preguntas con la ayuda de una lámpara oculta o de un líquido abrillantador, métodos ambos que proporcionaban transparencia transitoria a los sobres en cuestión. Encontraba objetos perdidos, asombraba a los que presenciaban sus sesiones con asombrosas revelaciones sobre sus vidas privadas «que era imposible que conociese», se comunicaba con los espíritus y conseguía materializar ectoplasmas, claro está, todo ello en reuniones mantenidas en penumbras y gracias a toda una serie de trucos bastante simples, una absoluta confianza en sí mismo y, por encima de todo, la inmensa credulidad, la absoluta falta de escepticismo de que hacían gala sus feligreses y clientes. Keene creía, como lo hiciera Harry Houdini, que no sólo era generalizado el fraude espiritista, sino que sus cultivadores profesionales estaban altamente organizados e intercambiaban entre sí datos o clientela potencial para conseguir que sus revelaciones causaran mayor asombro. Lo mismo que las apariciones de la serpiente de Alejandro, todas las sesiones espiritistas se consuman en habitaciones oscuras, pues la claridad de la luz puede poner al descubierto con demasiada facilidad el engaño. En sus años de encumbramiento, Keene a duras penas logró equiparar sus ingresos, en cuanto a valor adquisitivo, a los de su ilustre antecesor, Alejandro de Abonútico

Desde la época de Alejandro hasta nuestros días, incluso parece probable que desde que sobre este planeta existen seres humanos, la gente ha descubierto que podía ganar dinero arrojándose el poder de desentrañar lo misterioso y conocer lo oculto. Puede encontrarse una encantadora e iluminadora exposición de algunos de estos engaños en un notable libro de Charles Mackay, *Extraordinary popular delusions and the madness of crowds* (Fraudes populares extraordinarios e insensatez de las multitudes), publicado en Londres en 1852. Bernard Baruch afirmaba que la lectura de este libro le había ahorrado millones de dólares, presumiblemente alertándole de los necios proyectos en que no debía invertir ni un centavo. Mackay trata desde las profecías, las curaciones milagrosas y la alquimia hasta las casas embrujadas, las Cruzadas o la «influencia de la política y la religión en el crecimiento del cabello y la barba». El valor del libro, como muestra la historia relatada del traficante de oráculos Alejandro, reside en la antigüedad de los fraudes y engaños descritos. Muchas de las imposturas reseñadas no tienen un marco actual y estimulan nuestras pasiones sólo muy débilmente; el tema del libro son los fraudes en que cayeron gentes de otros tiempos pasados. No obstante, tras leer muchos de los casos descritos, empezamos a sospechar que existen versiones contemporáneas equivalentes. Los sentimientos impulsivos de la gente siguen siendo tan fuertes como antaño, y probablemente el escepticismo es algo tan raro hoy como pueda haberlo sido en cualquier otra época. En consecuencia, cabe esperar que sean muchos los timos difundidos por doquier en la sociedad contemporánea. Y efectivamente es así.

Tanto en tiempos de Alejandro como en los de Mackay, la religión era la fuente de las intuiciones más ampliamente difundidas y de las cosmovisiones dominantes. Quienes intentaban embaucar a las gentes solían, pues, hacerlo, por medio del lenguaje religioso. Desde luego, el método sigue en plena vigencia, como atestiguan sobradamente los espiritistas y otros movimientos similares. Pero dentro del último siglo, para bien o para mal, la ciencia se ha convertido para el común de las gentes en el medio fundamental para penetrar los secretos del universo, lo que llevaría a esperar que buena parte de los fraudes contemporáneos adoptaran una envoltura científica. Y así es.

Desde hace poco más o menos un siglo se han expuesto una serie de fantásticas pretensiones en los terrenos limítrofes de la ciencia, un conjunto de asertos que han logrado excitar la imaginación popular y que, de ser ciertas, tendrían una enorme importancia científica. Vamos a examinar sucintamente un muestrario representativo. Los fenómenos reivindicados son siempre de carácter extraordinario, nos arrancan de la monotonía mundanal y, en no pocos casos, implican esperanzadoras promesas. Por ejemplo, se presupone que gozamos de amplios poderes jamás registrados, que fuerzas desconocidas nos envuelven para salvarnos o que existe algún armónico modelo del cosmos cuyo conocimiento todavía no hemos penetrado. En ciertas ocasiones la ciencia ha sostenido pretensiones de orden similar, por ejemplo al postular que la información hereditaria transmitida de generación en generación se encierra en una larga aunque bastante simple molécula de ADN, al postular la existencia de la gravitación universal o la deriva continental, al registrar la energía nuclear o al investigar el origen de la vida o la evolución histórica del universo. Por tanto, ¿qué diferencia puede haber entre éstas y otras pretensiones similares como, por ejemplo, que es posible flotar en el aire mediante un simple esfuerzo de la voluntad? Ninguna, excepto en lo que respecta a la forma de probar unas y otras. Quienes sostienen la existencia de la levitación tienen la obligación de demostrarlo ante sus escépticos oponentes bajo condiciones experimentales controladas. La obligación de demostrarlo es suya, no de quienes ponen en duda el fenómeno levitatorio. Tales pretensiones son demasiado importantes para no analizarlas con todo cuidado. En los últimos años se han afirmado muchas cosas sobre la levitación, pero no existe ni una sola película correctamente iluminada que nos muestre a una persona elevándose por los aires sin ayuda alguna, digamos cinco metros, y de la que pueda excluirse todo tipo de trucaje o fraude. Si la levitación fuese posible, sus implicaciones científicas, y más genéricamente, humanas, serían enormes. Quienes llevan a cabo observaciones acríicas o afirmaciones fraudulentas nos inducen a error y nos desvían del gran objetivo humano de comprender la maquinaria del universo. De ahí que jugar fuerte y deslavazadamente con la verdad sea asunto de la mayor seriedad.

## **PROYECCIÓN ASTRAL**

Consideremos el fenómeno usualmente denominado proyección astral. Bajo los efectos de un éxtasis religioso, un sueño hipnótico o, en algunos casos, de determinados alucinógenos, ciertos individuos indican haber experimentado la sensación de abandonar su cuerpo, flotar sin el menor esfuerzo hacia cualquier punto de la habitación (por lo general, el techo) y permanecer allí sin reintegrarse a su sostén corporal hasta una vez finalizada la experiencia. Si realmente puede suceder algo de este tipo, se trata de un fenómeno de enorme importancia, pues trae implícitas una serie de consecuencias sobre la naturaleza de la personalidad humana e incluso sobre la posibilidad de «vida tras la muerte». Algunos individuos que se han visto muy cerca de la muerte, o que tras ser declarados clínicamente muertos han vuelto a la vida, han hablado de sensaciones muy similares. Pero hablar de una determinada sensación no significa que haya existido tal como se explica. Por ejemplo, puede darse el caso de que alguna sensación, que nada tiene de extraordinario, o alguna conexión defectuosa dentro del circuito neuroanatómico humano provoque bajo ciertas circunstancias la ilusión de haber experimentado una proyección astral (véase capítulo 25).

Hay una forma muy sencilla de verificar la existencia de una proyección astral. Se le pide a un amigo que, en nuestra ausencia, coloque un libro en algún elevado e inaccesible estante de la librería, de modo que no sea posible ver su título. Si creemos experimentar una experiencia proyectiva, flotemos hasta la parte alta de la habitación y entonces podremos

leer el título del libro en cuestión. Cuando nuestro cuerpo vuelva al estado normal de vigilia y podamos indicar correctamente lo leído, tendremos prueba fehaciente de la realidad física de la proyección astral. Desde luego, no debe existir ningún otro posible medio de conocer el título del libro, como por ejemplo entrar solapadamente en la habitación cuando nadie nos observe o recabar información de nuestro amigo o cualquier otra persona enterada del asunto. Para evitar esta última posibilidad, el experimento debe efectuarse «doblemente a ciegas», es decir, que la selección y ubicación del libro debe hacerla alguien a quien no conozcamos y que a su vez no nos conozca en absoluto, y ésta será precisamente la persona encargada de juzgar si nuestra respuesta es correcta. Por cuanto conozco, jamás se ha registrado una experiencia de proyección astral bajo las premisas de control reseñadas y con la supervisión de gentes escépticas ante el supuesto fenómeno. Por tanto, a pesar de que no deba excluirse a priori la proyección astral, concluyo que existen muy escasas razones para creer en ella. Por otro lado, Ian Stevenson, psiquiatra de la Universidad de Virginia, ha reunido algunas pruebas de que en la India y el Próximo Oriente algunos muchachos relatan con todo lujo de detalles una vida anterior transcurrida a considerable distancia de su actual domicilio y en un lugar que jamás han visitado, y que ulteriores investigaciones vienen a demostrar que los datos de alguien recién fallecido allí se ajustan a la perfección con la descripción del muchacho. Sin embargo, no se trata de experimentos bajo control, y siempre cabe la posibilidad de que el muchacho haya oído por casualidad o recibido directamente informaciones que el investigador desconoce. Con todo, el trabajo de Stevenson es probablemente la más interesante de las investigaciones contemporáneas sobre «percepción extrasensorial».

## **ESPIRITISMO**

En 1848 vivían en el estado de Nueva York dos muchachitas, Margaret y Kate Fox, de las que se contaban maravillosas historias. En presencia de las hermanas Fox podían oírse misteriosos ruidos acompañados que, con más atención, resultaban ser mensajes codificados procedentes del mundo de los espíritus; pregúntesele algo al espíritu: un golpe significa no, tres golpes significa sí. Las hermanas Fox causaron sensación, emprendieron giras por toda la nación organizadas por su hermana mayor y se convirtieron en centro de atención de una serie de intelectuales y literatos europeos, como por ejemplo Elizabeth Barrett Browning. Las «exhibiciones» de las hermanas Fox constituyen la fuente del espiritismo moderno, según el cual, gracias a un especial esfuerzo de la voluntad, unos pocos individuos atesoran el don de comunicarse con los espíritus de personas ya fallecidas. Los compinches de Keene tienen una deuda impagable con las hermanas Fox.

Cuarenta años después de las primeras «exhibiciones», desasosegada consigo misma, Margaret Fox redactó una confesión firmada. Los golpes se producían, mientras permanecían de pie sin esfuerzo ni movimiento aparentes, chasqueando las articulaciones de los dedos de los pies o de los tobillos, de modo muy similar a como se produce un crujido con los nudillos. «Y así fue como empezamos. Primero, como un simple truco para asustar a nuestra madre, pero luego, cuando empezó a visitarnos mucha gente, fuimos nosotras mismas las atemorizadas, y nos vimos forzadas a continuar con el engaño para protegernos. Nadie podía pensar en un truco ya que éramos demasiado niñas para que se nos ocurriese tal cosa. Actuamos como lo hicimos bajo el estímulo intencionado de nuestra hermana mayor y el inconsciente de nuestra madre». La hermana mayor, encargada de organizar las giras, parece haber sido siempre plenamente consciente del fraude. Su motivación para mantenerlo, el dinero.

El aspecto más instructivo del caso Fox no es que se consiguiera embaucar a tanta gente, sino que tras confesar el engaño, después de que Margaret Fox hiciera una demostración pública en el escenario de un teatro neoyorquino de su «preternatural dedo gordo del pie», muchos fueron los engañados que se negaron a admitir la existencia de fraude. Sostenían que Margaret se había visto forzada a confesar bajo la presión de alguna Inquisición de sesgo racionalista. La gente raramente agradece que se le demuestre abiertamente su credulidad.



## **EL GIGANTE DE CARDIFF**

En 1869, «mientras excavaba un pozo» cerca de Cardiff, villa situada al oeste de Nueva York, un granjero desenterró una enorme piedra en la que se reproducía con extraordinario verismo la figura de un hombre de tamaño más que considerable. Clérigos y científicos afirmaron al unísono que se trataba de un ser humano de épocas pretéritas fosilizado, tal vez una prueba confirmadora del relato bíblico que sostiene que «en aquellos días, la Tierra la poblaban gigantes». Muchos fueron los comentarios desencadenados con la precisión de la figura, aparentemente superior a lo que ningún artesano hubiera podido jamás conseguir esculpiendo una piedra. Por poner un sólo ejemplo, podía incluso apreciarse la presencia de diminutas venas azuladas. Sin embargo, otras gentes se sintieron menos impresionadas, y entre ellas Andrew Dickson White, el primer rector de la Universidad de Cornell, quien declararía que se trataba de un fraude indudable, de una execrable escultura que no merecía más que un buen puntapié. Un examen meticuloso del gigante de Cardiff revelaría entonces que era una simple estatua de origen reciente, un engaño perpetrado por George Hull, de Binghampton, quien se describía a sí mismo como «tabaquero, inventor, alquimista y ateo», un hombre realmente muy ocupado. Las supuestas «venas azuladas» eran formaciones coloreadas propias de la roca en que se había esculpido la figura humana. El objetivo del engaño era desplumar turistas incautos.

Pero tan enojosa revelación no desalentó al empresario norteamericano P.T. Barnum, quien ofreció 60.000 dólares por arrendar el gigante de Cardiff durante tres meses. Barnum fracasó en su intento de alquilar la escultura para organizar exhibiciones itinerantes (sus propietarios estaban ganando demasiado dinero para desprenderse de ella), y tras hacerse con una copia decidió que fuera ésta la exhibida, para asombro de sus clientes y enriquecimiento de sus bolsillos. El gigante de Cardiff contemplado por muchos americanos fue dicha copia. Barnum exhibía una imitación de una falsificación. El gigante original languidece hoy en el Farmer's Museum de Coopers-Town, Nueva York. Tanto Barnum como H.L. Mencken señalaron haber efectuado la deprimente constatación de que nadie puede perder dinero subestimando la inteligencia del público americano. Sin embargo, no se trata de falta de inteligencia, que existe en dosis abundantes. El artículo que escasea es un adiestramiento sistemático para pensar críticamente.

## **HANS EL LISTO, EL CABALLO MATEMÁTICO**

A comienzos del presente siglo existió en Alemania un caballo que podía leer, efectuar operaciones matemáticas y mostrar un profundo conocimiento de los asuntos políticos mundiales. O así parecía. El caballo era conocido por Hans el Listo. Era propiedad de Wilhelm von Osten, un anciano berlinés que, según opinión generalizada, era incapaz de verse involucrado en el menor fraude. Delegaciones de eminentes científicos examinaron la maravilla equina y la consideraron auténtica. Hans respondía a los problemas matemáticos que se le planteaban golpeando el suelo con una de sus patas delanteras, y a las cuestiones de otro orden cabeceando de arriba abajo o de un lado a otro, según es costumbre entre los occidentales. Por ejemplo, si alguien le decía, «Hans, ¿cuál es el doble de la raíz cuadrada de nueve, menos uno?», tras una breve pausa, sumisamente, levantaba su pata delantera derecha y golpeaba cinco veces el suelo. «¿Es Moscú la capital de Rusia?» Agitaba la cabeza a derecha e izquierda. ¿Acaso es San Petersburgo?» Asentimiento.

La Academia Prusiana de las Ciencias nombró una comisión, encabezada por Oskar Pfungst, para examinar la cuestión más de cerca. Osten, quien creía fervientemente en los poderes y capacidades de Hans, aceptó encantado la investigación. Pfungst no tardó en detectar una serie de interesantes irregularidades. Cuanto más difícil era la pregunta, más tardaba Hans en responder; cuando Osten no conocía la respuesta, Hans mostraba pareja ignorancia; cuando Osten estaba fuera de la habitación o cuando se le vendaban los ojos a Hans, las respuestas ofrecidas por el caballo eran erróneas. Sin embargo, en ciertas ocasiones Hans podía ofrecer respuestas correctas a pesar de hallarse en un medio que le era extraño, rodeado de observadores escépticos y con Osten, su dueño, no sólo fuera del recinto, sino incluso de la ciudad. Finalmente se vislumbró la solución al enigma. Cuando se le planteaba a Hans un problema matemático, Osten se ponía ligeramente tenso por miedo a que Hans

no golpease el suficiente número de veces. Por el contrario, cuando Hans terminaba de dar el número de golpes preciso, de forma inconsciente e imperceptible Osten inclinaba su cabeza en señal de asentimiento o se relajaba de la tensión mantenida. Su distensión era virtualmente imperceptible para cualquier observador humano, -pero no para Hans, que era premiado con un terrón de azúcar por cada respuesta correcta. Además, no pocos observadores que se mostraban escépticos ante las habilidades de Hans fijaban sus ojos en las patas delanteras desde el momento mismo en que acababa de ser formulada la pregunta y modificaban sensiblemente su postura o gestos cuando el caballo llegaba a la respuesta correcta. Hans nada sabía de matemáticas, pero era extremadamente sensible a toda señal inconsciente no verbalizada. Y de orden similar eran los signos que imperceptiblemente se le transmitían al caballo cuando la pregunta no era matemática. A decir verdad, el apodo de Listo se adaptaba perfectamente a Hans. Era un caballo condicionado por un ser humano y que había descubierto que otros seres humanos que jamás había visto antes también le podían proporcionar las indicaciones que precisaba. Pero a pesar de la falta total de ambigüedad de la solución ofrecida por Pfungst, historias similares de caballos, cerdos o patos sabios que entienden de aritmética, saben leer o poseen conocimientos políticos han seguido impregnando la credulidad de muchas naciones. (1)

(1): Por ejemplo, Lady Wonder, un caballo de Virgipia, era capaz de contestar una serie de preguntas moviendo con la nariz una serie de tacos de madera que prefiguraban letras. Como también contestaba a cuestiones planteadas en privado a su propietario, el parapsicólogo J. K' Rhine dijo que el caballo no sólo sabía leer sino que además tenía el don de la telepatía (*Journal of Abnormal and Social Psychology*. 23, 449, 1929). Pero el mago John Scarne indicó que el propietario hacía una seña a Lady Wonder con un látigo mientras éste «rumiaba» sobre los tacos de madera antes de convertirlos en palabras. En apariencia, el propietario estaba fuera del campo usual del animal, pero ya sabemos que los caballos tienen una excelente visión periférica. Lady Wonder era cómplice de un impostor, cosa que no ocurría con Hans el Listo.

## **SUEÑOS PREMONITORIOS**

Uno de los fenómenos aparentemente más asombrosos de la percepción extrasensorial son las experiencias premonitorias, aquellas en las que una persona tiene una percepción clara y precisa de un desastre inminente, la muerte de un ser amado o el establecimiento de comunicación con un amigo desaparecido mucho tiempo atrás, y que tras tenerla se produce el evento intuido. Muchas de las personas que han tenido tal tipo de experiencias señalan que la intensidad emocional de la premonición y su subsiguiente verificación provocan una abrumadora sensación de estar en contacto con otro ámbito de realidad. He tenido oportunidad de experimentar por mí mismo una de tales premoniciones. Hace ya muchos años me desperté de repente bañado por un sudor frío y con la certidumbre de que un pariente cercano acababa de morir en aquel momento. Me sentí tan impresionado por la obsesionante intensidad de la experiencia que temí poner una conferencia telefónica no fuera el caso que mi allegado tropezara con el hilo telefónico, o algo por el estilo, y convirtiera la premonición en profecía plenamente cumplida. El familiar en cuestión vive y goza de buena salud, y sean cuales fueren las raíces psicológicas de la experiencia, lo cierto es que no era un reflejo de un suceso que acabara de producirse en el mundo real.

No obstante, supongamos que el pariente hubiera efectivamente fallecido esa noche. Creo que hubiera sido difícil convencerme de que era una mera coincidencia. Si cada americano tiene experiencias premonitorias de este tipo unas pocas veces a lo largo de su vida, es inmediato concluir que un simple registro estadístico de las mismas dará lugar a que cada año se produzcan algunos acontecimientos premonitorios aparentes en América. Quizá se desprenda de nuestro registro que tales sucesos pueden ocurrir con bastante frecuencia, pero para la persona que sueña un desastre que venga inmediatamente confirmado por la realidad el hecho es misterioso y le produce un temor reverencial. Quizá tales coincidencias se le presenten a alguien cada varios meses, pero es más que comprensible que quien viva las premoniciones convertidas en realidad se resistirá a explicarlas como simples coincidencias.

Tras vivir mi experiencia no escribí ninguna carta a un instituto de parapsicología relatando haber tenido un sueño premonitorio que no se vio confirmado por la realidad. No era algo susceptible de merecer un registro. Pero si la muerte que había soñado se hubiese producido efectivamente, la hipotética carta habría pasado a convertirse en prueba a favor de la premonición. Los éxitos se registran, mientras que los errores no. Aunque sea inconscientemente, la naturaleza humana conspira para producir un registro sesgado de la frecuencia con que se produce tal tipo de eventos.

Todos los casos reseñados -Alejandro, el traficante de profecías, Keene, la proyección astral, las hermanas Fox, el gigante de Cardiff, Hans el Listo y los sueños premonitorios- son fenómenos típicos que se mueven en las zonas limítrofes del ámbito científico. Se trata de casos asombrosos, fuera de lo ordinario, hechos maravillosos o que infunden temor reverencial; en todo caso, se trata de fenómenos que nada tienen de tediosos o comunes. Resisten análisis superficiales de la gente instruida, y en ciertos casos incluso estudios más detallados que les otorgan el respaldo de algunas celebridades y científicos. Quienes aceptan la validez de tan insólitos fenómenos se niegan a aceptar todo intento de explicación convencional. Las auténticas causas más frecuentes son de dos tipos. Uno, el fraude consciente con objeto de enriquecerse, como el caso de las hermanas Fox o el gigante de Cardiff, y quienes aceptan la superchería han sido embaucados. Otro, y en este caso solemos engañarnos a nosotros mismos, es mucho más difícil de precisar, y corresponde a aquellos fenómenos inusualmente sutiles y complejos, aquellos cuya naturaleza es mucho más intrincada de cuanto habíamos supuesto y cuya comprensión requiere un análisis realmente profundo. Podrían enmarcarse en este segundo apartado casos como el de Hans el Listo o buena parte de los sueños premonitorios.

Hay otra razón que me ha llevado a escoger los ejemplos precedentes. Todos ellos están estrechamente relacionados con la vida cotidiana; afectan al comportamiento animal o humano, es posible evaluar la veracidad de las pruebas y constituyen otras tantas ocasiones para ejercitar el sentido común. Ninguno de los casos expuestos abarca complejidades tecnológicas u oscuros razonamientos teóricos. Por decirlo así, no necesitamos tener sólidos conocimientos de física para cribar escépticamente las pretensiones de los modernos espiritistas. Con todo, estos engaños, imposturas y falsas interpretaciones han conseguido cautivar a millones de individuos. En consecuencia, será infinitamente más difícil y peligroso evaluar ciertas cuestiones que se ubican en la zona fronteriza de ciencias mucho menos familiares al hombre medio, como por ejemplo las catástrofes cósmicas, la existencia de supuestos continentes desaparecidos o la de objetos voladores no identificados.

Quiero distinguir entre quienes elaboran y promueven sistemas de creencias sobre cuestiones limítrofes y quienes las aceptan. Estos últimos se sienten compelidos muy a menudo por la novedad de los sistemas propuestos y la sensación de grandiosidad y penetración que conllevan. De hecho, adoptan actitudes y objetivos científicos. Es fácil imaginar visitantes extraterrestres de aspecto humano, que con vehículos espaciales e incluso aeroplanos similares a los nuestros, nos visitaron en tiempos remotos y son algo así como nuestros antepasados. No son cosas que resulten demasiado extrañas a nuestra imaginación y son lo suficientemente similares a ciertas historias religiosas occidentales como para que nos sintamos cómodos en tales contextos. La búsqueda de microbios marcianos de exótica bioquímica o de radiomensajes interestelares de seres inteligentes biológicamente muy distintos de nosotros es tarea mucho más difícil y no tan agradable. Muchos son los que se sienten atraídos por la primera perspectiva citada, pero el número de los que adoptan la segunda es ya considerablemente menor. No obstante, creo que buena parte de los que se interesan por la idea de antiguos astronautas visitando la Tierra están motivados por inquietudes sinceramente científicas, y, eventualmente, de orden religioso. Existe un amplio e impreciso interés popular por los temas científicos con mayor carga de misterio. Para mucha gente, la vulgaridad presuntuosa que envuelve las doctrinas acerca de las zonas limítrofes de la ciencia es la mejor aproximación de que disponen a una ciencia fácilmente comprensible. La popularidad de tales protociencias es un claro reproche a escuelas, prensa y televisión comercial por la escasez de sus esfuerzos, además inefectivos

y faltos de imaginación, en favor de una educación científica. Y también es un reproche para nosotros los científicos, que tan poco hacemos por popularizar nuestro trabajo.

Quienes abogan por la existencia de antiguos astronautas -el ejemplo más notable en esta línea es el de Erich von Daniken y su libro *Chariots of the Gods?*- sostienen que son muy numerosos los restos arqueológicos que sólo pueden explicarse recurriendo a contactos entre nuestros antepasados y civilizaciones extraterrestres. Sostienen que, entre otras varias cosas, seres extraterrestres son responsables de la construcción o supervisión de una columna de acero hallada en la India, una placa hallada en Palenque, México, las pirámides de Egipto, los monolitos de piedra de la isla de Pascua (que en opinión de Jacob Bronowski, todos guardan cierta semejanza con Benito Mussolini), o las figuras geométricas de Nazca, Perú. Sin embargo, el origen de todos estos artefactos tiene siempre una explicación mucho más sencilla y plausible. Nuestros antepasados históricos no eran unos zoquetes. Quizá no tuvieran una sofisticada tecnología, pero eran tan hábiles e inteligentes como nosotros y en determinados casos concretos combinaron tales dosis de dedicación, inteligencia y duro trabajo que consiguieron resultados que nos impresionan incluso a nosotros. La teoría de los antiguos astronautas sobre nuestro planeta se halla bastante difundida, y creo que de forma interesada, entre los burócratas y políticos soviéticos, tal vez porque sirve para mantener viejos sentimientos religiosos en un contexto científico aceptablemente moderno. La versión más reciente del tema de los astronautas de la antigüedad sostiene que las gentes dogones de la república de Malí conservan una tradición astronómica sobre la estrella Sirio que sólo pueden haber adquirido por contacto con una civilización de alienígenas. De hecho, parece la explicación correcta, pero tales extranjeros nada tienen que ver con astronautas, antiguos o modernos (cf. cap. 6). Nada tiene de sorprendente que las pirámides hayan desempeñado un papel tan importante en las historias sobre antiguos astronautas. Desde que Napoleón invadiera Egipto, los restos de su antigua civilización impresionaron hasta tal punto a los europeos que no han dejado de mostrarse como una fuente de innumerables sinsentidos. Mucho se ha escrito sobre la supuesta información numerológica almacenada en las dimensiones físicas de las pirámides, especialmente sobre la gran pirámide de Gizeh, llegándose a afirmar, por ejemplo, que la proporción entre altura y anchura, medida en ciertas unidades, es la misma que el tiempo en años que separa a Adán de Jesús. Existe el caso célebre de un piramidólogo al que se observó limando una protuberancia para que existiera una mayor concordancia entre sus observaciones y sus especulaciones. La manifestación más reciente del interés despertado por las pirámides es la «piramidología», y entre otras cosas sus cultivadores sostienen que tanto nosotros como nuestras navajas de afeitar funcionan mejor y duran más dentro de las pirámides que en nuestros actuales cubículos ciudadanos. Puede ser. Por mi parte, viviendo en espacios cuadrículados y habitaciones como cajas de zapatos debo admitir que me siento deprimido, pero tampoco debe olvidarse que durante la mayor parte de su historia la raza humana no ha encerrado sus vidas en tan opresivos espacios. Sea como fuere, las tesis de la piramidología jamás se han verificado en condiciones adecuadas de control experimental. Una vez más, no han sido sometidas a la piedra de toque experimental.

El «misterio» del triángulo de las Bermudas gira en torno a desapariciones no explicadas de barcos y aeroplanos en una vasta región oceánica que circunda dichas islas. La explicación más razonable para tales desapariciones (cuando son tales, pues de muchas de tales desapariciones se ha verificado que jamás se produjeron) es que los navíos se hundan. En cierta ocasión, señalé en un programa de televisión que me parecía extraño que barcos y aviones desaparecieran misteriosamente, pero que nunca sucediera algo similar con trenes, a lo que Dick Cavett, el presentador, me respondió: «Veo que usted nunca ha estado esperando el tren de Long Island». Como los entusiastas de los astronautas de la antigüedad, los valedores del triángulo de las Bermudas usan argumentos chapucosamente académicos y retóricos, pero jamás han aportado la menor prueba convincente. No se han sometido a la dura prueba experimental

Todo el mundo conoce perfectamente los platillos volantes, los ovnis. Sin embargo, detectar una luz extraña en los cielos no significa que estemos siendo visitados por seres procedentes de Venus o de una lejana galaxia llamada Spectra. Puede tratarse, por ejemplo, de los faros de un automóvil reflejados por una nube alta, o una bandada de

insectos fosforescentes en vuelo, o un artefacto volante no convencional, o un avión corriente y moliente con luces de posición no ajustadas a las normas que para ellas existen, o un reflector de alta intensidad de los utilizados para observaciones meteorológicas. También existen algunos casos en los que una o dos personas afirman haber entrado en contacto con alienígenas espaciales, ser sometidos luego a exploraciones médicas no convencionales y, finalmente, dejados de nuevo en libertad. En tales casos, lo único de que disponemos es el fantástico testimonio de una o dos personas, sin otra posibilidad que la de elucubrar sobre la sinceridad o verosimilitud del mismo. Por cuanto conozco, de los cientos de miles de informes sobre ovnis recogidos desde 1947, no existe ni uno solo en que varias personas hayan informado de forma independiente y digna de confianza el establecimiento de contactos con algo que sea un artefacto procedente de fuera de nuestro planeta.

No sólo carecemos de relatos probatorios aceptables, sino que no tenemos la menor prueba física sobre los ovnis. Nuestros laboratorios actuales son sumamente sofisticados. Un producto elaborado fuera de nuestro planeta sería fácilmente identificable como tal. Pues bien, nadie ha aportado jamás ni el más pequeño fragmento de nave espacial que haya superado las pruebas de laboratorio, y mucho menos el cuaderno de bitácora de una nave de mando espacial. De ahí que en 1977 la NASA declinara una invitación de la Casa Blanca para emprender una investigación seria sobre el tema de los ovnis. Si se excluyen fraudes y meras anécdotas, no parece quedar nada susceptible de estudio.

En cierta ocasión, mientras me encontraba en un restaurante con algunos amigos, detecté un brillo en los cielos, un ovni «revoloteante». Inmediatamente después de habérselo señalado, me encontré en medio de una nube de maitres, camareras, cocineros y clientes que acordonaban la acera, apuntaban al cielo con dedos y tenedores y daban claras muestras de asombro. Aquella gente estaba entre encantada y sobrecogida. Pero cuando regresé con un par de prismáticos que mostraban fuera de toda duda que el supuesto ovni era en realidad un avión de tipo especial (como se supo más tarde, una aeronave meteorológica de la NASA), cundió un profundo y generalizado desencanto. Algunos se mostraban embarazados por haber mostrado en público su credulidad. Otros estaban simplemente disgustados porque se había esfumado una muy buena historia, algo fuera de lo ordinario; acababa de difuminarse un posible visitante de otros mundos.

En buen número de casos no actuamos como observadores imparciales. Depositamos cierto interés emocional en los resultados, quizá sólo porque si fuesen ciertas algunas de las tesis de estas protociencias el mundo se convertiría en un lugar más interesante, quizá porque tengan algo que afecta los niveles más profundos de la psique humana. Si de verdad es posible la proyección astral, puedo sentir cómo una parte de mí se abandona el cuerpo y viaja hasta otros lugares sin el menor esfuerzo, posibilidad realmente excitante. Si el espiritismo es real, mi alma sobrevivirá a la muerte de mi cuerpo, pensamiento probablemente muy confortable. Si existe la percepción extrasensorial, en muchos de nosotros se encierran poderes latentes que sólo necesitan ponerse al descubierto para hacernos más poderosos de lo que somos. Si la astrología está en lo cierto, nuestras personalidades y destinos están íntimamente ligados al resto del cosmos. Si realmente existen elfos, duendes y hadas (hay un libro precioso de estampas victorianas donde se recogen retratos de muchachas de unos quince centímetros de altura, con alas de gasa, mientras están conversando con un grupo de caballeros Victorianos), el mundo es un lugar mucho más intrigante de cuanto están dispuestos a admitir la mayoría de adultos. Si actualmente o en cualquier época histórica pretérita nos visitan o han visitado representantes de avanzadas y afables civilizaciones extraterrestres, quizá la condición humana no sea tan deplorable como parece, tal vez los extraterrestres lograrán salvarnos de nosotros mismos. Pero el hecho de que tales supuestos nos encanten o exciten no nos ofrece la menor garantía de que sean ciertos. Su veracidad sólo se impondrá a través de pruebas precisas y mi opinión, por lo general reacia, es que no existen (al menos por el momento) pruebas sólidas e irrefutables en favor de tales supuestos u otros similares.

Pero aún hay más. De ser falsas, muchas de las doctrinas apuntadas son realmente perniciosas. En el marco simplista de la astrología popular se juzga a las personas de acuerdo con uno de entre doce caracteres arquetípicos según sea el mes en que nacieron.

Si la astrología es un sistema de creencias falso, estamos cometiendo una flagrante injusticia con los individuos tipificados de acuerdo con sus tesis, les colocamos en casilleros preestablecidos y nos rehusamos a juzgarlos por sí mismos, método muy familiar en las clasificaciones de orden sexista o racista.

El interés mostrado por los ovnis y los astronautas antiguos parece derivar, al menos en parte, de necesidades religiosas insatisfechas. Pon lo general, los extraterrestres son descritos como seres sabios, poderosos, llenos de bondad, con aspecto humano y frecuentemente arropados con largas túnicas blancas. Son, pues, muy parecidos a dioses o ángeles que, más que del cielo, vienen de otros planetas, y en lugar de alas usan vehículos espaciales. El barniz pseudocientífico de la descripción es muy escaso, pero sus antecedentes teológicos son obvios. En la mayoría de los casos los supuestos astronautas antiguos y tripulantes de ovnis son deidades escasamente disfrazadas y modernizadas, deidades fácilmente reconocibles. Un informe británico reciente sobre el tema llega incluso a señalar que es mayor el número de personas que creen en la existencia de visitantes extraterrestres que en la de Dios.

La Grecia clásica estaba preñada de historias en que los dioses descendían a la Tierra y entraban en contacto con los seres humanos. La Edad Media es igualmente rica en apariciones de ángeles, santos y vírgenes. Dioses, santos y vírgenes se aparecen sin cesar a lo largo de la historia humana a individuos que en apariencia merecen gozar del más alto grado de confianza. ¿Qué ha sucedido? ¿Dónde han ido todas las vírgenes? ¿Qué se ha hecho de los dioses del Olimpo? ¿Acaso han decidido abandonarnos en estos tiempos que corren, aparentemente más escépticos? ¿O acaso las creencias reseñadas constituyen un reflejo moderno de la superstición y credulidad humanas? Tras el extendido culto de los ovnis parece, pues, esconderse un posible peligro social. Si creemos que vendrán a resolver nuestros problemas seres de otros mundos, quizá nos sintamos tentados a declinar buena parte de nuestros esfuerzos para resolverlos nosotros mismos, algo que por lo demás ya ha sucedido en los numerosos movimientos religiosos milenaristas que jalonan la historia humana.

Todos los casos de ovnis realmente interesantes lo son bajo el supuesto de que uno o unos pocos testigos no están intentando embaucarnos o no fueron embaucados. Sin embargo, la posibilidad de engañarse de cualquier testigo ocular es auténticamente impresionante.

1) Cuando en una clase de derecho se simula la consumación de un robo a modo de ejercicio, muy pocos son los estudiantes que llegan a coincidir sobre el número de asaltantes, sus respectivas vestimentas, las armas empuñadas o los comentarios de los ladrones, la secuencia real de los acontecimientos o el tiempo transcurrido en el asalto.

2) A una serie de profesores se les presentan dos grupos de muchachos desconocidos para ellos que han superado con idéntico aprovechamiento todos los exámenes. Pero a los profesores se les indica que mientras en un grupo dominan los alumnos listos en el otro abundan los mediocres. Los exámenes subsiguientes reflejarán esta calificación inicial errónea, independientemente del rendimiento real de los estudiantes. La predisposición falsea las conclusiones.

3) Se les muestra a una serie de testigos una filmación de un accidente automovilístico. A continuación se les plantean una serie de preguntas como, por ejemplo, ¿se saltó la señal de stop el coche azul? Una semana más tarde, interrogados de nuevo, una amplia proporción de testigos aseguran haber visto en la filmación un coche azul, a pesar de que ni remotamente aparecía un coche de tal color en la filmación proyectada el primer día. Parece ser que existe un estadio, poco después de presenciar cualquier suceso, en que verbalizamos lo que creemos haber visto y a partir de ahí ya queda así fijado para siempre en nuestra memoria. En esta fase somos tremendamente vulnerables, y cualquier creencia previa -por ejemplo, en los dioses del Olimpo, en los santos cristianos o en los astronautas extraterrestres- puede influenciar de forma inconsciente nuestros relatos testimoniales.

Los individuos que se muestran escépticos ante buena parte de los sistemas de creencias protocientíficas no son necesariamente personas que se sientan incómodas ante cualquier novedad. Por ejemplo, muchos de mis colegas, y yo mismo, estamos profundamente interesados por la posible existencia de vida, inteligente o no, en otros planetas. Pero debemos tener mucho cuidado en no inocular clandestinamente nuestros deseos y esperanzas en la realidad del cosmos. Dentro de la más genuina tradición científica, nuestro objetivo es encontrar respuestas reales, al margen de nuestras predisposiciones emocionales. Me mostraría tan gozoso como el primero si algún día seres extraterrestres inteligentes visitaran nuestro planeta, y mi trabajo se vería con ello enormemente facilitado. Por lo demás, he empleado más tiempo del que hubiese querido pensando en temas relacionados con ovnis y antiguos astronautas. El interés generalizado por tales temas creo que es, al menos en parte, una buena cosa, pero nuestra apertura mental ante las deslumbrantes posibilidades que nos presenta la ciencia moderna debe verse atemperada por cierta finura de olfato escéptica. Muchas posibilidades inicialmente interesantes acaban por mostrársenos simplemente equivocadas. Para aumentar nuestros conocimientos sobre el cosmos es imprescindible abrir la mente a nuevas posibilidades y atesorar una firme voluntad de hallar respuesta a complejos e inquietantes enigmas. Interrogarse sobre temas arduos tiene ventajas subsidiarias. La vida política y religiosa americana, especialmente a partir de mediados de los 60, ha estado marcada por una excesiva credulidad pública, una clara desgana ante los temas más complejos, y como resultado estamos asistiendo a un innegable deterioro de nuestra salud nacional. El escepticismo del consumidor provoca un aumento en la calidad de los productos. Gobiernos, Iglesias e Instituciones educativas no muestran el menor celo en estimular un pensamiento crítico, quizá porque son plenamente conscientes de su vulnerabilidad.

Los científicos profesionales se ven generalmente obligados a elegir cuáles van a ser los objetivos de sus investigaciones. A pesar de la enorme importancia que tendría alcanzar ciertos logros, es tan escasa la probabilidad de éxito que nadie se muestra dispuesto a emprender determinados programas de investigación. (Éste ha sido el caso, durante años, de la detección de inteligencia extraterrestre. La situación ha cambiado de forma radical en los últimos tiempos a causa de los grandes avances radiotecnológicos, que nos permiten construir enormes radiotelescopios con sensibilidad para captar todo tipo de mensajes que se interpongan en nuestro camino. Jamás hasta ahora habíamos gozado de tales disponibilidades.) Hay otros objetivos científicos perfectamente abordables, pero su importancia es absolutamente trivial. La mayor parte de los científicos dedicados a la investigación escogen una vía intermedia. De esta composición de lugar se desprende que sean muy pocos los científicos que deciden zambullirse en las «oscuras aguas» de las doctrinas pseudocientíficas con objeto de encontrar su verificación o refutación precisas. Las probabilidades de alcanzar resultados realmente interesantes -excepto en cuanto hace referencia a la naturaleza humana- parecen escasas y el tiempo que debería invertirse en la tarea muy considerable. Considero que los científicos deberían emplear más tiempo en la discusión de los temas reseñados, pues si no se manifiesta sobre los mismos la menor oposición de carácter científico da la sensación de que los consideramos razonables desde una perspectiva científica.

Hay muchos casos en que las creencias popularmente sustentadas son tan absurdas que son inmediatamente menospreciadas por la comunidad científica sin que se tome la menor molestia para hacer públicas sus argumentaciones. Creo que mantener tal postura es un error. La ciencia, y especialmente hoy en día, depende del apoyo público. Puesto que por desgracia la mayor parte de la gente posee un conocimiento muy escaso e inadecuado de la ciencia y la tecnología, resulta muy difícil tomar decisiones inteligentes sobre cualquier problema científico. Algunas de las pseudociencias hoy en boga son empresas auténticamente rentables, y algunos de sus defensores no sólo se hallan fuertemente identificados con el tema en cuestión sino que obtienen con el mismo grandes sumas de dinero. La situación les inclina a una mayor inversión de recursos para defender sus puntos de vista. Algunos científicos no parecen tener el menor deseo de enzarzarse en discusiones públicas sobre la validez de las ciencias marginales a causa del esfuerzo que ello requiere y de la posibilidad latente de verse perdiendo un debate público. Sin embargo, intervenir en confrontaciones sobre estos tópicos es una excelente oportunidad de mostrar el método de

trabajo científico en temas tan elusivos, así como un excelente modo de comunicar algo del poder y del placer que se deriva de la ciencia.

Se detecta una perniciosa inmovilidad a uno y otro lado de las fronteras que delimitan la empresa científica. El aislamiento de la ciencia y el rechazo ante toda novedad tienen una influencia negativa sobre la credulidad pública. En cierta ocasión, un distinguido científico me amenazó con hablarle al por entonces vicepresidente Spiro T. Agnew sobre mí si seguía empeñándome en organizar una mesa redonda en la Asociación Americana para el Progreso Científico sobre el hipotético origen extraterrestre de los ovnis en la que pudiesen tomar la palabra defensores y detractores de la idea. Un grupo de científicos, escandalizados por las conclusiones que apuntaba Immanuel Velikovsky en su libro *Worlds in Collision* e irritados por su desconocimiento de una serie de hechos científicos perfectamente establecidos, cometieron la ignominia de presionar al editor para que no publicase el texto en cuestión. Su gestión tuvo éxito, pero el libro aparecía poco después en otra editorial, que por cierto obtendría un buen provecho de su decisión. Cuando intenté organizar un segundo simposio en la misma Asociación Americana para el Progreso Científico destinado a discutir las ideas de Velikovsky, fui duramente criticado por prominentes figuras científicas que sostenían que toda atención pública al tema, aun cuando llegase a conclusiones negativas, no podía hacer más que prestar apoyo a la causa de Velikovsky.

No obstante, se celebraron ambos simposios, sus audiencias parece ser que los encontraron interesantes, fueron publicadas las ponencias y discusiones allí mantenidas, y hoy en día jóvenes de Duluth o Fresno tienen a su disposición algunos libros que presentan la otra cara del problema (cf. p. 61). Si la ciencia se expone con escaso atractivo e imaginación en escuelas y medios de difusión, quizá consiga despertarse el interés por ella a través de discusiones sobre sus límites bien organizadas y llevadas a cabo en un lenguaje comprensible para el gran público. La astrología puede servir de palestra para discusiones sobre astronomía, la alquimia abrir el camino a la química, el catastrofismo velikovskiano y los continentes desaparecidos, como la Atlántida, a la geología, el espiritualismo y la cientología a una amplia variedad de problemas psicológicos y psiquiátricos.

Muchas personas están aún convencidas de que si algo aparece en letra impresa debe ser verdad. Cuando salen a la venta libros sobre especulaciones completamente indemostrables o flagrantes sinsentidos surge de inmediato un curioso y distorsionado sentimiento público de que los temas tratados deben ser sólidas verdades. En la polémica desatada por la publicación en la prensa de un extracto del contenido de un libro de H. R. Haldeman a la sazón en prensa, sentí un enorme regocijo al leer las declaraciones del editor en jefe de una de las mayores empresas editoriales del mundo: «Creemos que un editor tiene la obligación de comprobar la exactitud de ciertos trabajos ensayísticos antes de proceder a su publicación. Nuestro sistema consiste en enviar el libro a una autoridad independiente en la materia para que efectúe una lectura objetiva previa de todo libro que la requiera». Estas palabras las pronunció un editor cuya empresa había puesto en circulación algunos de los más eximios ejemplos de pseudociencia de las últimas décadas. No obstante, hoy en día existen a disposición de todo el mundo libros que presentan la otra cara de la historia, y como muestra me permito reseñar aquí una pequeña lista de las doctrinas pseudocientíficas que gozan hoy por hoy de mayor predicamento y los más recientes intentos de refutar sus tesis desde una perspectiva científica.

### **ALGUNAS DOCTRINAS PSEUDOCIENTÍFICAS RECIENTES Y SUS CRITICAS**

Mientras muchas de las doctrinas pseudocientíficas gozan de una gran difusión entre el público, la discusión y análisis pormenorizado de sus puntos débiles más sobresalientes no es, ni con mucho, tan ampliamente conocida, la presente lista puede servir de guía sobre algunos de tales trabajos críticos desde una perspectiva científica.

El triángulo de las Bermudas: *The Bermuda Triangle Mystery-Solved*, Laurence Kusche, Harper & Row, 1975



Espiritualismo: A Magician Among the Spirits, Harry Houdini, Harper, 1924 The Psychic Mafia, M. Lámar Keene, St. Martin's Press, 1976

Uri Geller: The Magic of Uri Geller, James Randi, Ballantine, 1975

La Atlántida y otros «continentes perdidos»: Legends of the Earth: Their Geologic Origins Dorothy B. Vitaliano, Indiana University Press, 1973. Lost Continents, L. Sprague de Camp, Ballantine, 1975

OVNIS: UFOs Explained Philip Klass, Random House, 1974. UFOs: A Scientific Debate, Carl Sagan y Thornton Page, eds., Norton, 1973

Astronautas de la Antigüedad: The Space Gods Revealed: A Close Look at the Theories of Erich von Daniken, Ronald Story, Harper & Row, 1976. The Ancient Engineers, L. Sprague de Camp, Ballantine, 1973

Velikovsky: Worlds in Collision Scientists Confront Velikovsky, Donald Goldsmith, ed., Cornell University Press, 1977

Vida emocional de las plantas «Plant "Primary Perception"», K. A. Horowitz y otros, Science, 189: 478-480 (1975)

Uno de los temas analizados críticamente, la vida emocional de las plantas y sus preferencias musicales, estuvo en candelero hace muy pocos años, hasta tal punto que durante semanas y semanas las tiras de comics «Doonesbury» de Gary Trudeau se llenaron de conversaciones con vegetales. Se trata de un tema ya viejo, como nos permite comprobar uno de los epígrafes con que se abre el presente capítulo. Tal vez el único aspecto alentador del caso es que en nuestros días se acoge el tema con mucho más escepticismo que en 1926.

No hace demasiados años se creó un comité de científicos, magos y otros elementos diversos para arrojar alguna luz sobre los problemas de las pseudociencias. Inició sus actividades con algunos trabajos de gran utilidad, entre ellos la publicación de las más recientes noticias sobre la confrontación entre las perspectivas racionalista e irracionalista, debate que se remonta en el tiempo a los enfrentamientos entre el profeta Alejandro y los epicúreos, los racionalistas de la época. El comité también ha protestado ante los organismos rectores de las distintas cadenas de televisión y ante la Comisión Federal de Comunicaciones por la usual falta de criticismo en los programas de la pequeña pantalla dedicados a las pseudociencias. Dentro del propio comité se ha abierto un interesante debate entre quienes opinan que debe combatirse toda doctrina que huela a pseudocientifismo y los que piensan que debe juzgarse cada corriente concreta en función de sus propios méritos, aunque el peso de la tarea probatoria debe recaer de lleno sobre quienes sustenten las teorías marginales. Por mi parte, me siento enormemente identificado con el segundo de los puntos de vista. Creo imprescindible seguir interrogándose sobre el mundo de lo extraordinario, pero las hipótesis sobre fenómenos insólitos requieren ineludiblemente pruebas confirmatorias asimismo extraordinarias.

Desde luego, los científicos son seres humanos y cuando se apasionan pueden abandonar temporalmente el ideario y métodos de sus disciplinas. Sin embargo, los ideales del método científico se han manifestado a lo largo de la historia como tremendamente eficaces. Para determinar cómo funciona el mundo es imprescindible recurrir a una mezcla de corazonadas, intuición y brillante creatividad, y bien entendido que en ningún momento de la investigación debe abandonarse un férreo criterio crítico regido por el escepticismo. Los más sorprendentes e inesperados logros de la ciencia se han generado a partir de una tensión motriz entre creatividad y escepticismo. En mi opinión, las propuestas de la pseudociencia palidecen al confrontarlas con cientos de actividades y descubrimientos de la ciencia auténtica de nuestros días. Sólo a modo de ejemplos, reseñaré la existencia de dos

cerebros semiindependientes dentro de cada cráneo humano, la indiscutible realidad de los agujeros negros, la deriva y colisiones continentales, el lenguaje de los chimpancés, los imponentes cambios climáticos que se producen en Marte y Venus, la antigüedad de la especie humana, la búsqueda de vida extraterrestre, la elegante función autocopiadora de la arquitectura molecular que controla nuestra herencia y evolución o las distintas pruebas observacionales sobre el origen, naturaleza y destino de nuestro universo contemplado como un todo.

Pero el éxito de la ciencia, tanto en lo que afecta a su estímulo intelectual como a sus aplicaciones prácticas, depende básicamente de su capacidad para autocorregirse. Siempre debe existir un modo de verificar la validez de una idea, siempre hay que tener a mano la posibilidad de reproducir cualquier experimento verificador o falseador. El carácter personal o las creencias de los científicos deben ser factores irrelevantes en su trabajo, y sus afirmaciones sólo deben apoyarse en pruebas experimentales. Los argumentos de autoridad no cuentan en absoluto, pues con demasiada frecuencia han errado todo tipo de autoridades. Quisiera ver a las escuelas y medios de comunicación difundiendo este modo de pensar tan científicamente eficaz, y ciertamente sería asombroso y encantador verlo incorporarse al terreno de la política. Una característica primordial de los científicos ha sido siempre su capacidad para cambiar pública y radicalmente sus puntos de vista al serles presentadas nuevas pruebas y argumentos. Por desgracia, no puedo recordar a ningún político que haya mostrado similar apertura mental y buena voluntad en cuanto a la modificación de sus puntos de vista.

Buena parte de los sistemas de creencias ubicados en las fronteras del ámbito científico no pueden someterse a una experimentación clara y precisa. Son postulados anecdóticos que dependen por entero de la veracidad de los testigos oculares, por lo general un material que merece escasa confianza. Tomando como punto de referencia situaciones pasadas, parece indudable que muchos de tales sistemas marginales acabarán mostrándose faltos de toda validez. Pero no podemos rechazar de plano, del mismo modo que tampoco podemos aceptarlas sin más, todas estas creencias en conjunto. Por ejemplo, entre los científicos del siglo XVIII se tenía por absurda la idea de que pudiesen caer del cielo grandes masas rocosas; Thomas Jefferson señalaba a propósito de un relato sobre tal tipo de fenómenos, que se sentía más inclinado a creer que los científicos americanos estaban mintiendo que aceptar que las rocas habían caído del cielo. No obstante, lo cierto es que caen rocas del cielo, los denominados meteoritos, y nuestras ideas a priori sobre el fenómeno no arrojan la más mínima luz sobre la verdad del mismo. No debe olvidarse, sin embargo, que la auténtica realidad del fenómeno sólo quedó plenamente establecida tras un minucioso análisis de docenas de testimonios independientes sobre la caída de un mismo meteorito, testimonios apoyados por un enorme conjunto de pruebas físicas, entre las que se incluían la recuperación de meteoritos de los tejados de diversas casas y de entre los surcos de campos de labranza.

Prejuicio significa literalmente juicio previo, equivale al rechazo apriorístico de cualquier afirmación antes de haber examinado las pruebas que pretenden sustentarla. El prejuicio es resultado de una postura emocional, jamás del razonamiento cuidadoso. Si debemos determinar la veracidad de un asunto debemos abordarlo con una apertura mental tan grande como sea posible, así como con plena conciencia de nuestras limitaciones y predisposiciones. Si tras un análisis cuidadoso, y franco de miras, de las pruebas que tenemos a nuestra disposición rechazamos una proposición determinada, ya no se trata de un prejuicio; en tal caso debiera hablarse de «postjuicio», de juicio a posteriori. Y ciertamente, este modo de actuar es prerequisite indispensable para alcanzar cualquier tipo de auténtico conocimiento.

El examen crítico y escéptico de los problemas es el método aplicado cotidianamente en los asuntos prácticos y en la ciencia. Cuando compramos un coche, ya sea nuevo o usado, considerarnos medida prudente exigir garantías escritas sobre su buen funcionamiento junto con la verificación del mismo mediante pruebas de conducción y comprobación de determinadas partes de la maquinaria. Solemos desconfiar de los vendedores de automóviles que muestran reticencia en estos puntos. Y sin embargo los cultivadores de la

mayor parte de pseudociencias se muestran visiblemente ofendidos cuando se desea someterles a un tipo de análisis similar. Muchas personas que afirman sentir percepciones extrasensoriales sostienen asimismo que sus habilidades desaparecen cuando se les observa cuidadosamente. El mago Uri Geller se siente feliz doblando llaves y cucharas ante un auditorio de científicos, quienes al enfrentarse con la naturaleza se hallan ante un adversario que juega limpio, pero se muestra enormemente desairado ante la idea de efectuar sus demostraciones frente a una audiencia de magos escépticos, quienes sabedores de las limitaciones humanas son también capaces de obtener efectos similares empleando trucos adecuados. Cuando se veda la posibilidad de efectuar observaciones críticas y de entrar en discusión, se está ocultando la verdad. Cuando se sienten criticados, los defensores de las creencias pseudocientíficas suelen recordar que en tiempos pasados fueron muchos los genios ridiculizados por sus coetáneos. Pero el hecho de que algunos genios se vieran escarnecidos con burlas, no supone ni de lejos que todas las personas de las que se han burlado fueran genios. Se burlaron de Colón, de Fulton y de los hermanos Wright, pero la gente también se ha reído de los innumerables payasos que en el mundo han habido.

Tengo la firme creencia de que el mejor antídoto para la pseudociencia es la ciencia:

- Existe en África un pez que habita en aguas frescas y es ciego. Dicho pez genera un campo eléctrico permanente que le permite distinguir entre predadores y presas así como comunicarse en un lenguaje eléctrico bastante elaborado con potenciales consortes y con otros peces de la misma especie. El pez en cuestión posee un sistema orgánico y una capacidad sensorial completamente desconocidas para los seres humanos pretecnológicos.
- Existe una aritmética, perfectamente razonable y autoconsistente desde el punto de vista lógico, en la que dos y dos no son cuatro.
- Se ha descubierto que las palomas, uno de los animales más simpáticos que existen, poseen una notabilísima sensibilidad ante campos magnéticos de intensidad unas cien mil veces inferior a la del dipolo magnético terrestre. Evidentemente, las palomas utilizan su capacidad sensorial extraordinaria para navegar y captar ciertos elementos de su entorno, como objetos metálicos, cables de conducción eléctrica, escaleras de incendios, etc., una facultad sensorial ni siquiera vislumbrada por ningún ser humano.
- Los quasars parecen ser explosiones de violencia casi inimaginable acaecidas en el corazón de las galaxias en las que perecen millares de mundos, muchos de ellos quizá habitados.
- En un torrente de cenizas volcánicas del este de África de una antigüedad de tres millones y medio de años se han encontrado huellas de un ser de unos seis palmos de altura y de zancada firme que muy bien puede ser el ancestro común de monos y hombres. En las proximidades aparecen huellas de un primate de locomoción todavía no erecta correspondientes a un animal que seguimos desconociendo.
- Cada una de nuestras células contiene docenas de minúsculas factorías, las denominadas mitocondrias, que combinan nuestros alimentos con oxígeno molecular para extraer así la energía adecuada a nuestras necesidades. Descubrimientos recientes parecen sugerir que miles de millones de años atrás las mitocondrias eran organismos autónomos que fueron evolucionando lentamente hacia el establecimiento de una mutua relación de interdependencia con la célula. Al aparecer en los organismos pluricelulares quedó preservado este tipo de relación que señalamos. Como consecuencia, y hablando en sentido estricto, nosotros no somos un solo organismo único, sino una aglomeración de alrededor de diez billones de seres, y no todos del mismo tipo.
- Marte posee un volcán de casi 24 kilómetros de altura que surgió como tal unos 1.000 millones de años atrás. Y tal vez existan en Venus volcanes aún mayores.

- Nuestros radiotelescopios han captado la radiación cósmica de fondo del cuerpo negro, que no es otra cosa que el distante eco del suceso conocido como Big Bang (la gran explosión). Por decirlo de otro modo, hoy en día todavía observamos las llamaradas de la creación.

Podría seguir casi indefinidamente esta lista. Estoy convencido de que un conocimiento incluso superficial de los más recientes descubrimientos de la ciencia y la matemática modernas es más asombroso y excitante que la mayor parte de doctrinas pseudocientíficas. Sus practicantes ya fueron adjetivados en época tan lejana como el siglo V A.C. por el filósofo jónico Heráclito de «sonámbulos, magos, sacerdotes de Baco, traficantes de misterios». La ciencia es algo más intrincado y sutil, nos revela un universo mucho más rico, evoca nuestra capacidad de asombro. Además, tiene una importante virtud adicional - y el término tiene pleno significado sea cual sea el ámbito en que se aplique-, la de ser verdad.

## 6. ENANAS BLANCAS Y HOMBRECILLOS VERDES

No hay testimonio alguno capaz de probar un milagro, a menos... que su falsedad sea más milagrosa que el hecho que pretende establecer.

DAVID HUME Sobre los milagros

La humanidad ha convertido ya en realidad los vuelos interestelares. Con la ayuda del campo gravitatorio del planeta Júpiter, los ingenios espaciales Pioneer 10 y 11 y Voyager 1 y 2 han sido emplazados en trayectorias que les permitirán abandonar el sistema solar camino del reino de las estrellas. La velocidad a que se mueven todos estos ingenios espaciales es tremendamente lenta, a pesar de que son los objetos más rápidos jamás lanzados por la especie humana. Recorrer distancias típicamente interestelares les llevará decenas de miles de años. A menos de que se intente rectificar sus trayectorias, jamás volverán a transitar por ningún sistema planetario en las decenas de miles de millones de años de la historia futura de la vía Láctea. Las distancias interestelares son demasiado enormes. Son ingenios condenados a viajar por siempre jamás en el seno de las penumbras espaciales. Pero aun así, tales ingenios espaciales llevan consigo mensajes para prevenir la remota posibilidad de que en algún tiempo futuro seres de otros mundos logren interceptar las naves y se pregunten qué seres fueron los que las pusieron en movimiento para proseguir tan prodigiosos trayectos.(1)

--

(1): Una descripción detallada del Pioneer 10 y el Pioneer 11 puede hallarse en mi obra *The Cosmic Connection* (Doubleday, Nueva York, 1973); y el registro fonográfico de los Voyager 1 y 2 se explica asimismo con amplitud en *Murmurs of Earth: The Voyager Interstellar Record* (Random House, Nueva York, 1978).

--

Si somos capaces de diseñar y construir tales ingenios en un estadio de desarrollo tecnológico relativamente atrasado, ¿qué no podrá hacer una civilización que nos supere en miles o quizás en millones de años en cuanto a viajes interestelares controlados ubicada en otro planeta o estrella? Los vuelos interestelares precisan una gran inversión de tiempo para nosotros, y tal vez también para otras civilizaciones cuyos recursos sean sustancialmente superiores a los nuestros. Sin embargo, sería una necedad presuponer que en algún momento futuro no llegaremos a descubrir enfoques conceptualmente insospechados de la física o la ingeniería de los vuelos interestelares. Evidentemente, tanto por razones económicas como de rendimiento y comodidad, las transmisiones de radio interestelares aventajan en mucho a los vuelos espaciales, y de ahí que lo mejor de nuestros esfuerzos se haya concentrado en el desarrollo de las comunicaciones por radio. No obstante, este último método es obviamente inadecuado para establecer contacto con sociedades o especies que vivan todavía en una fase pretecnológica. Fuera cual fuese el grado de sofisticación y potencia de tales transmisiones, antes de nuestros días no hubiésemos podido recibir ni entender ningún hipotético radiomensaje que llegase a nuestro planeta. Por lo demás, no cabe olvidar que la vida apareció sobre la Tierra hace unos 4.000 millones de años, que los seres humanos se desenvuelven aquí desde hace varios millones, y que existen agrupaciones humanas civilizadas desde unos 10.000 años atrás.

No es una idea en absoluto descabellada que la cooperación de civilizaciones establecidas en distintos planetas de la Vía Láctea esté llevando a cabo cierto tipo de prospección galáctica, que mediante ojos u órganos similares estén observando la aparición de nuevos planetas y traten de descubrir mundos para ellos todavía ignorados. No obstante, nuestro

sistema solar se encuentra extraordinariamente alejado del centro de la Galaxia y nada tendría de extraño que hubiesen desechado la posibilidad de llevar a cabo tales investigaciones. Quizá lleguen hasta nuestro planeta ingenios espaciales en misión de observación, pero sólo cada 10 millones de años, es decir, que no lo han hecho jamás en tiempos históricos. O, seamos más precisos y agotemos todas las posibilidades, tal vez hayan arribado a nuestro planeta algunos comandos de observación en tiempos suficientemente recientes dentro de la historia humana como para que los detectaran nuestros antepasados, o incluso como para que la historia de nuestra especie se haya visto afectada por el contacto con seres extraterrestres.

En un libro publicado en 1966, *Intelligent Life in the Universe*, yo mismo y el astrofísico soviético. I. S. Shklovskii hemos discutido esta última posibilidad. Tras examinar un amplio muestrario de artefactos, leyendas y folklore de las más diversas culturas, llegamos a la conclusión de que ninguno de los supuestos indicios proporcionaba pruebas mínimamente convincentes de un eventual contacto extraterrestre. En todos los casos analizados existen explicaciones alternativas mucho más plausibles y que se fundamentan siempre en habilidades y comportamientos humanos. Entre los casos sometidos a discusión se encuentran varios que posteriormente han utilizado Erich von Dániken y otros ensayistas escasamente críticos como pruebas a favor de pretéritos contactos con extraterrestres. He aquí algunos ejemplos: las leyendas sumerias y sus piedras cilíndricas con inscripciones astronómicas; las historias bíblicas del Enoch eslavo y de Sodoma y Gomorra; los frescos dejados por los tassili en el norte de África; el cubo metálico trabajado a máquina y supuestamente hallado entre sedimentos geológicos de gran antigüedad y del que también se dice fue expuesto en determinado museo austríaco; y así sucesivamente. Posteriormente he seguido interesándome tanto como he podido en historias similares, y mi conclusión al respecto es que pocos son los casos que merecen considerarse con un mínimo detenimiento.

En la larga letanía que aporta la arqueología popular sobre los «astronautas de la Antigüedad», los casos con un aparente interés tienen explicaciones alternativas perfectamente razonables, han sido presentados de forma distorsionada o no son más que simples supercherías, bulos o distorsiones de los hechos. Tal juicio es plenamente válido para los argumentos a la vista del mapa de Piri Reís, los monolitos de la isla de Pascua, los dibujos épicos de las llanuras de Nazca y los diversos artefactos encontrados en México, Uzbekistán y China.

Por lo demás, cualquier civilización extraterrestre avanzada que nos hubiese visitado no hubiera tenido el más mínimo problema para dejarnos una tarjeta de visita sin ningún tipo de ambigüedad. Para poner un ejemplo, son muchos los físicos nucleares que sostienen la existencia de una especie de «isla de estabilidad» para los núcleos atómicos, que se situaría en los aledaños de un hipotético átomo hiperpesado que tuviese poco más o menos 114 protones y 184 neutrones en su núcleo. Todos los elementos químicos más pesados que el uranio (cuyo núcleo alberga un total de 238 protones y neutrones) se desintegran espontáneamente en períodos de tiempo sumamente breves considerados a escala cósmica. Sin embargo, existen fundadas razones para suponer que las fuerzas de enlace entre protones y neutrones para aquellos núcleos que contengan alrededor de 114 de los primeros y 184 de los segundos darán lugar a átomos completamente estables. La creación de átomos de tales características sobrepasa nuestras posibilidades tecnológicas actuales, y naturalmente también las de nuestros antepasados históricos. Por consiguiente, un artefacto metálico que encerrase tales elementos sería una prueba irrefutable y sin la menor ambigüedad de la visita de una civilización extraterrestre avanzada en cualquier momento de nuestro pasado. Consideremos ahora el tecnecio, elemento cuya forma más estable tiene 99 protones y otros tantos neutrones. Partiendo de una determinada cantidad inicial de tecnecio, la mitad de la misma se ha desintegrado en otros elementos una vez transcurridos alrededor de 200.000 años; otros 200.000 años, y se habrá desintegrado la mitad del tecnecio restante; y así sucesivamente. Por consiguiente, todo el tecnecio formado en las estrellas junto con otros muchos elementos químicos miles de millones de años atrás habrá desaparecido en nuestros días. En otras palabras, todo el tecnecio terrestre sólo puede ser de origen artificial, y por lo demás esto es exactamente lo que nos

indica su nombre. Un artefacto de tecnecio tendría una única explicación posible. De modo similar, hay en nuestro planeta elementos muy comunes inmiscibles entre sí, por ejemplo el aluminio y el plomo. Si se intenta obtener una aleación conjunta de ambos, el plomo, al ser considerablemente más pesado que el aluminio, precipita hacia la zona inferior del recipiente, mientras que el aluminio se queda flotando por encima de él. No obstante, en condiciones de ausencia de gravedad, características en el interior de un ingenio espacial en pleno vuelo, el elemento más pesado ya no presenta su ineludible tendencia terrestre a precipitarse hacia abajo, lo que permite producir aleaciones tan exóticas como la Al/Pb. Uno de los objetivos de la NASA al proyectar las primeras misiones Shuttle era verificar la puesta en práctica de tales técnicas de aleación en ambientes de ingravidez. Todo mensaje escrito sobre una aleación aluminio/plomo y recuperado de una antigua civilización sería indudablemente merecedor de nuestra más cuidadosa atención.

También cabe la posibilidad de que nos remita a civilizaciones alienígenas un mensaje cuyo contenido sobrepase claramente los conocimientos científicos o las habilidades tecnológicas de nuestros antepasados. Aquí no se tratará, pues, del material escogido como soporte, sino del contenido intelectual intrínseco del mensaje. Por ejemplo, podrían ser buenos mensajes una interpretación vectorial de las ecuaciones de Maxwell una representación gráfica de la distribución de radiaciones del cuerpo negro de Planck para diferentes temperaturas o una deducción de las transformaciones de Lorentz para la relatividad especial. Aun cuando la civilización primitiva que entrara en posesión de tales escritos no entendiese nada de ellos, bien podría haberlos reverenciado como objetos sagrados. Sin embargo, no se ha producido caso alguno de este tipo o similar, a pesar de ser de un innegable valor para cualquier historia sobre astronautas extraterrestres, antiguos o contemporáneos. Se han abierto debates sobre el grado de pureza de muestras de magnesio supuestamente procedentes de restos de algún ovni destruido, pero lo cierto es que la tecnología americana podía obtener sin problemas muestras metálicas equivalentes en el momento de ser presentadas como extraterrestres. Un hipotético mapa estelar recompuesto (de memoria) a partir del existente en el interior de un platillo volante no reproduce fielmente, como se pretendía, las posiciones relativas de las estrellas más cercanas a nosotros. De hecho un examen más atento muestra que no es mucho mejor que el «mapa estelar» que se obtendría esparciendo al azar manchas de tinta sobre unas pocas hojas en blanco con la ayuda de un viejo cálamo. A excepción de uno, los relatos que conocemos no son lo suficientemente precisos como para postular la posesión de un esquema correcto de conocimientos físicos o astronómicos modernos entre civilizaciones precientíficas o pretecnológicas. La única excepción conocida es la notable mitología elaborada en torno a la estrella Sirio por un pueblo originariamente afincado en la actual república de Mali, los dogones.

El pueblo dogon empezó a ser objeto de estudio intensivo por parte de los antropólogos a comienzos de la década de los 30 del presente siglo, y en la actualidad este antiguo pueblo africano se encuentra reducido a unos pocos cientos de miles de individuos. Algunos elementos de su mitología contienen reminiscencias de las leyendas de la antigua civilización egipcia, y algunos antropólogos han defendido la existencia de algunos vínculos culturales, aunque débiles, con dicha civilización. Los ortos helíacos de la famosa estrella Sirio desempeñan un papel central en el calendario egipcio, pues eran el punto de referencia utilizado para predecir las crecidas del Nilo. Los aspectos más sobresalientes de la astronomía dogon nos han llegado a través del trabajo de Marcel Griaule, antropólogo francés que estudió el tema durante las décadas de los 30 y los 40. Aunque no hay razón alguna para dudar de los relatos de Griaule, es importante señalar que dentro del mundo occidental no existe registro alguno sobre las creencias populares de los dogones anterior al suyo y que toda información sobre el tema deriva del trabajo del antropólogo francés. Recientemente, las tradiciones dogonas han sido popularizadas por R. K. G. Temple.

A diferencia de la mayor parte de sociedades precientíficas, los dogones creen que los planetas, y entre ellos la Tierra, giran alrededor de sus ejes al mismo tiempo que en torno al Sol. Desde luego, para llegar a tal conclusión no se precisa en absoluto de conocimientos tecnológicos avanzados, tal como demuestra el propio caso de Copérnico, pero con todo es una concepción tremendamente inusual en la historia humana. En la Grecia clásica, la

movilidad de la Tierra y los demás planetas fue defendida, excepcionalmente, por Pitágoras y Filolao, quien quizá sostuviese, en palabras de Laplace, «que los planetas estaban habitados y que las estrellas eran soles diseminados en el espacio, al tiempo que centros de otros sistemas planetarios». Situadas entre un amplio muestrario de ideas contradictorias, es indudable que se trata de conjeturas felizmente inspiradas.

Los antiguos griegos creían que el mundo estaba conformado exclusivamente por cuatro elementos primordiales, tierra, fuego, agua y aire. Entre los filósofos presocráticos no es raro el caso de quienes abogaban preferencialmente por alguno de ellos. Si el paso del tiempo llega a poner de manifiesto que, efectivamente, uno de tales elementos prevalece en el universo por encima de los demás, no hay razón para atribuir una especial intuición científica al filósofo presocrático que defendiese tal candidatura, pues es indudable que con sólo atender a razones estadísticas alguno de ellos estaba forzosamente obligado a estar en lo cierto. De modo equivalente, si en nuestro planeta existen varios cientos o miles de culturas, cada una con su propia cosmología, no debe sorprendernos en lo más mínimo que, de vez en cuando, por puro azar, una de ellas ponga sobre el tapete un idea, no sólo correcta, sino también de imposible deducción a partir de sus niveles de conocimiento.

No obstante, según Temple, los dogones van mucho más lejos. Este pueblo sostiene que Júpiter tiene cuatro satélites y que Saturno está rodeado por un anillo. Cabe dentro de lo posible que en muy extraordinarias condiciones algunos individuos de agudeza visual sorprendente hayan podido observar, sin ayuda de telescopio, los satélites galileanos de Júpiter y los anillos de Saturno, pero reconozcamos que al pensar así se bordean las más extremas fronteras de la plausibilidad. También se señala que los dogones representan los planetas moviéndose sobre órbitas elípticas, algo que ningún astrónomo anterior a Kepler había llegado a postular.

Pero más sorprendente aún es cuanto afirman los dogones sobre Sirio, la estrella más brillante de los cielos. Los dogones sostienen que alrededor de Sirio órbita otra estrella oscura e invisible (según Temple, siguiendo una órbita elíptica) que concluye una rotación completa cada cincuenta años. Añaden que se trata de una estrella muy pequeña y muy densa, formada por un metal especial inexistente en la Tierra al que denominan sagala.

Pues bien, la estrella visible Sirio A tiene una extraordinaria compañera oscura, Sirio B, que gira a su alrededor en órbita elíptica completando una revolución cada  $50,04 \pm 0,09$  años-Sirio B es el primer ejemplo de enana blanca que descubrió la astrofísica moderna. Su materia constitutiva se encuentra en un estado que recibe el nombre de «relativísticamente degenerado», estado de agregación de la materia que no se da en nuestro planeta, y puesto que en esta materia degenerada los electrones no están ligados a los núcleos atómicos puede calificarse con toda propiedad de metálica. La estrella Sirio A es conocida como estrella del Perro, y a Sirio B se le suele apodarar «el Cachorro».

A primera vista, la leyenda de Sirio elaborada por los dogones parece ser la prueba más seria en favor de un antiguo contacto con alguna civilización extraterrestre avanzada. No obstante, si examinamos con más atención el tema, no debemos pasar por alto que la tradición astronómica de los dogones es puramente oral, que con absoluta certeza no podemos remontarla más allá de los años 30 del presente siglo y que sus diagramas no son otra cosa que dibujos trazados con un palo sobre la arena. (Señalemos de paso que parecen existir pruebas de que los dogones gustan de enmarcar sus dibujos con elipses y que, en consecuencia, Temple puede haber errado al afirmar que dentro de la mitología dogon tanto los planetas como la estrella Sirio B se mueven siguiendo órbitas elípticas).

Al examinar globalmente la mitología dogon constatamos que atesora una riquísima y detallada gama de materiales legendarios, mucho más rica, tal como han señalado buen número de antropólogos, que la de sus vecinos geográficos. Donde existe una notable riqueza legendaria hay, desde luego, una probabilidad mucho más elevada de que algunos de los mitos sustentados coincidan accidentalmente con descubrimientos de la ciencia moderna. Por descontado, en los pueblos con mitologías más restringidas disminuye en gran medida la probabilidad de concordancias accidentales. Pero, ¿acaso tropezamos con



otros casos de coincidencia con adquisiciones científicas recientes al examinar el resto de la mitología dogon?

La cosmogonía dogon señala que el Creador examinaba un canasto trenzado de fondo cuadrado y boca redonda, tipo de cesto que sigue utilizándose actualmente en Malí. Una vez terminada la canasta, lo tomó como modelo para crear el mundo: la base cuadrada representaba los cielos y la boca circular el Sol. Ciertamente, no considero que este relato sorprenda como notabilísima anticipación del pensamiento cosmológico moderno. En el relato dogon acerca de la creación de la Tierra, el creador inserta en el interior de un huevo dos pares de gemelos, cada uno constituido por un macho y una hembra, de los que se espera que maduren en el interior del huevo hasta fundirse en un único y perfecto ser andrógino. La Tierra surge cuando uno de los pares de gemelos rompe la cáscara del huevo antes de haber madurado, y entonces el Creador decide sacrificar el par restante a fin de mantener cierta armonía cósmica. Estamos ante una abigarrada e interesante mitología, pero en modo alguno parece que pueda sostenerse que sea cualitativamente diferente de buena parte de las otras mitologías y religiones de la humanidad.

La hipótesis de una estrella asociada a Sirio puede haber derivado naturalmente de la mitología dogon, en la que los gemelos juegan un papel central, pero aun así no parece existir ninguna explicación referencial para las cuestiones del período de revolución y densidad de la compañera de Sirio. El mito dogon sobre Sirio es demasiado similar a lo descubierto por la astronomía moderna y de una precisión cuantitativa extraordinaria como para atribuirlo a la casualidad. Y ahí está, inmerso en un corpus legendario que se ajusta con escasas desviaciones a todo modelo estándar de mitología precientífica. ¿Cuál puede ser la explicación? ¿Existe alguna posibilidad de que los dogones o sus ancestros culturales pudiesen haber visto realmente Sirio B y haber observado su período de rotación en torno a Sirio A?

Las enanas blancas como Sirio B tienen su origen en otras estrellas denominadas gigantes rojas, estrellas de enorme luminosidad y, nada sorprendente hay en ello, rojas. Los escritores de los primerísimos siglos de nuestra era describían la estrella Sirio como una estrella roja, y ciertamente no es éste su actual color. En un diálogo horaciano titulado *Hoc quoque tiresia* (Cómo enriquecerse rápidamente) se cita un trabajo precedente, sin ofrecer referencia concreta alguna, donde puede leerse, «la roja estrella del perro resquebraja con su calor las mudas estatuas». Como resultado de tan imprecisas fuentes de la antigüedad los astrofísicos contemporáneos se han visto levemente tentados a considerar la posibilidad de que la enana blanca Sirio B fue en tiempos históricos pretéritos una gigante roja detectable a simple vista, y que en esta época su luz convertía en prácticamente invisible a Sirio A. En tal caso, quizá existiese una etapa ulterior de la evolución de Sirio B en la que su brillo lumínico fuese prácticamente equiparable al procedente de Sirio A, de manera que era posible discernir sin ayuda instrumental el movimiento relativo de los dos miembros de la pareja estelar. Sin embargo, de acuerdo con los conocimientos más exactos y recientes que poseemos sobre la teoría de la evolución estelar parece de todo punto imposible que Sirio B llegase a su actual estado de enana blanca de haber sido una gigante roja pocos siglos antes de Horacio. Más aún, resulta realmente extraordinario que tan sólo los dogones registrasen la existencia de este par de estrellas que giran una alrededor de la otra cada cincuenta años, y más teniendo en cuenta que una de ellas es de las más brillantes que existen en el cielo. En los siglos precedentes existió una escuela extremadamente competente de astrónomos dedicados a la observación tanto en Mesopotamia como en Alejandría -por no decir nada de las escuelas astronómicas coreana y china-, y sería realmente asombroso que no hubieran registrado la menor noticia del tema que nos ocupa.(\*). Por tanto, ¿acaso nuestra única alternativa es creer que representantes de una civilización extraterrestre han visitado a los dogones o a sus antepasados?

--

(\*) Los antiguos egipcios se referían al planeta Marte con la denominación «el rojo Horus» (Horus era el nombre de la divinidad imperial en forma de halcón). La astronomía egipcia

adjudicaba vivos colores a los objetos celestes. Pero la descripción de Sirio no menciona nada especial acerca de su color.

--

El conocimiento de los cielos de los dogones es totalmente impensable sin la ayuda del telescopio. La conclusión inmediata es que dicho pueblo ha mantenido contactos con una civilización técnicamente avanzada. El único interrogante a resolver es, ¿qué civilización, extraterrestre o europea? Mucho más verosímil que una incursión educativa de antiguos extraterrestres entre la tribu de los dogones parece ser el supuesto de un contacto relativamente reciente con europeos de cultura científica que transmitieran al pueblo africano el notable mito europeo sobre Sirio y su enana blanca asociada, mito que tiene todas las características aparentes de una espléndida e increíble historia inventada. Tal vez el contacto con gentes de Occidente se produjera a través de visitantes europeos al continente africano, por medio de las escuelas francesas locales o posiblemente por contactos que establecieron en Europa nativos de África occidental que lucharon en el ejército regular francés durante la primera conflagración mundial.

La verosimilitud de la tesis sustentadora de que el origen de estas leyendas resida en contactos con europeos se ha visto incrementada por un reciente descubrimiento astronómico. Un equipo de investigación de la Cornell University dirigido por James Elliot descubrió en 1977, con ayuda de un observatorio aerotransportado situado a considerable altitud sobre el océano Indico, que el planeta Urano está rodeado de anillos, característica jamás detectada en observaciones efectuadas desde el suelo de nuestro planeta. Seres extraterrestres de avanzada cultura no hubiesen tenido la menor dificultad en descubrir los anillos de Urano al aproximarse a nuestro planeta. Por el contrario, los astrónomos europeos del pasado siglo y de las primeras décadas del actual nada sabían al respecto, y el hecho de que los dogones no mencionen en absoluto la existencia de otro planeta situado más allá de Saturno que también posee anillos creo que propicia la tesis de que sus informadores no fueron extraterrestres, sino europeos.

En 1844 el astrónomo alemán F. W. Bessel descubrió que el movimiento de la estrella Sirio (Sirio A), cuando se consideran largos períodos de tiempo, no es recto, sino que presenta ondulaciones al referido a las estrellas más distantes de nosotros. Bessel propuso la existencia de una compañera invisible de Sirio cuya influencia gravitatoria era la responsable del movimiento sinusoidal observado. Puesto que el período de la revolución calculado era de cincuenta años, Bessel llegó a la conclusión de que la invisible compañera de Sirio invertía otros tantos en el movimiento conjunto de Sirio A y Sirio B alrededor de su centro de masas común.

Dieciocho años más tarde Alvan G. Clark, mientras estaba probando un nuevo telescopio de refracción de 18 pulgadas y media, descubrió casualmente por observación visual directa la compañera de Sirio, la estrella que conocemos como Sirio B. A partir del movimiento relativo de ambas, la teoría gravitatoria de Newton nos permite calcular sus respectivas masas. La masa de Sirio B resulta ser aproximadamente equivalente a la del Sol. No obstante, su brillo es casi diez mil veces más débil que el de su compañera Sirio A, a pesar de que sus masas sean prácticamente idénticas y se hallen a igual distancia de la Tierra. Todos estos hechos sólo pueden compatibilizarse si Sirio B tiene un radio mucho menor o una temperatura muchísimo más baja que su pareja. Con todo, en las postrimerías del xix los astrónomos creían que estrellas con idéntica masa tenía poco más o menos igual temperatura, y a comienzos de nuestro siglo estaba ampliamente difundida la idea de que la temperatura de Sirio B no era especialmente baja. Las observaciones espectroscópicas que efectuara Walter S. Adams en 1915 confirmaban los anteriores supuestos. En consecuencia, sólo quedaba la posibilidad de que Sirio B fuese una estrella considerablemente pequeña, y efectivamente, sabemos hoy en día que su tamaño es apenas el de la Tierra. Su tamaño y su color son las características responsables del nombre que reciben este tipo de astros, el de enanas blancas. Si Sirio B es muchísimo más pequeña que Sirio A, su densidad debe ser considerablemente mayor, y desde las primeras décadas

del presente siglo quedó perfectamente establecida la idea de que Sirio B era una estrella extraordinariamente densa.

La peculiar naturaleza de la compañera de Sirio fue ampliamente difundida en libros, revistas y periódicos. Por ejemplo, leemos en *The Nature of the Physical World*, de sir Arthur Stanley Eddington: «Las pruebas astronómicas parecen dejar prácticamente fuera de toda duda que en las estrellas denominadas enanas blancas la densidad material sobrepasa con mucho cualquiera de nuestras experiencias terrestres. Por ejemplo, la densidad de la compañera de Sirio es de alrededor de una tonelada por pulgada cúbica. Tan extraordinario valor se debe a que la elevada temperatura que allí existe genera una intensa agitación de los materiales que la integran y rompe (ioniza) las envolturas electrónicas de sus átomos, de manera que los fragmentos resultantes pueden amontonarse en un espacio mucho más reducido». El libro de Eddington, publicado inicialmente en 1928, conoció diez reimpresiones en lengua inglesa en el breve lapso de un año, y fue traducido de inmediato a otros varios idiomas, entre ellos el francés. La idea de que las enanas blancas estaban compuestas por materia electrónicamente degenerada la postuló R. H. Fowler en 1925, y alcanzaría una inmediata y generalizada aceptación. Por otro lado, y en el período que media entre 1934 y 1937, el astrofísico hindú S. Chandra-Sekhar, afincado en Gran Bretaña, lanzaba la hipótesis de que las enanas blancas estaban formadas por materia «relativísticamente degenerada». La idea fue recibida con substancial escepticismo por los astrónomos que no se habían formado en el marco de la mecánica cuántica, y uno de los que formuló más ardientes reservas fue el propio Eddington. El debate impregnó la prensa científica de la época y pudo seguirlo toda persona medianamente inteligente y cultivada. Todos estos hechos ocurrían poco antes de que Griaule se topara con la leyenda de los dogones sobre la estrella Sirio.

Veo con los ojos de mi imaginación un visitante galo que a comienzos de este siglo llega a territorio dogon, en lo que por entonces era el África Occidental francesa. Quizá fuese un diplomático, un explorador, un aventurero o un pionero de los estudios antropológicos. Este hipotético viajante -por ejemplo Richard Francis Burton- debía encontrarse en tierras occidentales africanas desde varias décadas antes. La conversación comenzó a girar en torno al tema astronómico. Sirio es la estrella más brillante del cielo. El pueblo dogon obsequió al visitante con su mitología sobre la estrella. Luego, con una educada sonrisa, llenos de expectación, tal vez preguntasen al visitante por su mito sobre Sirio interesándose por la leyenda de un pueblo extranjero sobre tan importante estrella. Y es también muy posible que, antes de responder, el viajero consultase un raído libro que llevaba en su equipaje personal. Dado que por entonces la oscura compañera de Sirio era una sensación astronómica de moda, el viajero intercambió con los dogones un espectacular mito por una explicación rutinaria. Una vez abandonada la tribu, su explicación permaneció viva en el recuerdo, fue reelaborada y, muy posiblemente, incorporada a su manera en el corpus mitológico dogon, o como mínimo en una de sus ramas colaterales (tal vez registrada como «mitos sobre Sirio, relato de los pueblos de piel pálida»). Cuando Marcel Griaule llevó a cabo sus investigaciones mitológicas en las décadas de los 30 y los 40, se encontró anotando una versión reelaborada de su propio mito europeo sobre la estrella Sirio.

Este ciclo completo de reintegración de un determinado mito a su cultura de origen a través de las investigaciones de un antropólogo desprevenido pudiera parecer bastante inverosímil a no ser por los numerosos ejemplos de situaciones similares que se han detectado. Reseñaré aquí unos pocos casos.

En la primera década del siglo actual un antropólogo neófito estaba coleccionando relatos de antiguas tradiciones entre los pobladores nativos del sudoeste del continente americano. Su objetivo era dejar constancia escrita de una serie de tradiciones, casi exclusivamente orales, antes de que se desvanecieran en el olvido de forma definitiva. Los nativos americanos más jóvenes habían perdido buena parte de su vinculación con su herencia cultural, de ahí que el antropólogo en cuestión concentrara su interés en los miembros más ancianos de la tribu. Cierta día se encontraba sentado a la entrada de una cabaña en compañía de un informador muy avisado y dispuesto a prestar su colaboración a pesar de lo avanzado de su edad.

-Hábleme sobre las ceremonias con que sus antepasados celebraban el nacimiento de un niño.

-Un momento, por favor.

El viejo indio se adentró con parsimonia en las oscuras profundidades de la cabaña. Tras un intervalo de un cuarto de hora reapareció con una descripción notablemente útil y detallada de los ceremoniales postpartum, incluyendo rituales relacionados con la ruptura de aguas, el nacimiento en sí, el seccionamiento del cordón umbilical, el primer llanto y la primera inspiración fuera ya del claustro materno. Estimulado por el interesante relato y tomando febriles notas del mismo, el antropólogo fue siguiendo sistemáticamente la lista completa de ritos que jalonaban la vida de todo nativo, pasando por la pubertad, el matrimonio, el parto y la muerte. Ante cada nuevo tema, el informador desaparecía durante unos minutos para volver a salir de su tienda un cuarto de hora después con un amplísimo conjunto de datos y respuestas. El antropólogo estaba asombrado. ¿Quizá, pensaba, habrá dentro alguien de más edad, tal vez enfermo y postrado en cama, a quien consulte? Cuando no pudo resistir por más tiempo la tentación y reunió el suficiente coraje para hacerlo, le preguntó a su informador qué hacía dentro de la cabaña cada vez que entraba. El viejo sonrió, se retiró al interior de la tienda una vez más y el cabo de unos instantes regresó llevando consigo un manoseado volumen del Dictionary of American Ethnography, que había compilado un equipo de antropólogos la década anterior. El anciano indio debió pensar, el pobre hombre blanco está ansioso por saber, es bienintencionado e ignora muchísimas cosas. No debe tener una copia de este maravilloso libro que registra todas las tradiciones de mi pueblo. Le contaré cuanto ahí se dice. Mis otras dos historias se refieren a las aventuras de un médico extraordinario, el doctor D. Carleton Gajdusek, quien estudió durante años una rara enfermedad vírica, el kuru, muy extendida entre los pobladores de Nueva Guinea. Sus trabajos en este terreno le valieron el premio Nobel de medicina en 1976. Agradezco al doctor Gajdusek haber aceptado verificar la exactitud de mi recuerdo de las historias que expongo a continuación, que oí por vez primera de sus labios hace ya muchos años. Nueva Guinea es una isla en la que una serie de cadenas montañosas separan entre sí los diversos valles habitados, de forma parecida, aunque más marcada todavía, a como sucedía con las montañas de la antigua Grecia. El resultado de tal geografía es una enorme profusión y variedad de tradiciones culturales.

En la primavera de 1957 Gajdusek y el doctor Vincent Zigas, oficial médico del Servicio de Salud Pública de lo que por entonces se denominaba territorio Papua y Nueva Guinea, viajaban en compañía de un oficial administrativo australiano desde el valle Purosa hasta la villa de Agakamatasa siguiendo las cadenas montañosas costeras que delimitan la región meridional, con características culturales y lingüísticas propias y definidas, en una especie de viaje de exploración a «territorios incontrolados». En esta zona seguían en pleno uso enseres y herramientas de piedra y se mantenía la tradición del canibalismo en uno de los pueblos de la zona. Gajdusek y su partida detectaron casos de kuru, enfermedad que se propaga con el canibalismo (aunque por lo general no a través del aparato digestivo), en Agakamatasa, el más meridional de los poblados. Una vez allí decidieron dilapidar algunos días trasladándose a una de las amplias y tradicionales «casas de los hombres», wa'e en la lengua de los nativos (señalaré de paso que la música recogida en uno de ellos forma parte del registro fonográfico enviado hacia las estrellas a bordo del Voyager). El interior, sin ventanas, bajo de puertas y con el techo ahumado, se hallaba compartimentado de tal modo que los visitantes no podían permanecer de pie ni tumbados. El edificio estaba dividido en varias estancias destinadas a dormir, cada una con un pequeño fuego central a cuyo alrededor hombres y muchachos se apiñaban en grupos. Para dormir y calentarse durante las frías noches de un territorio situado a más de 1.700 metros de altitud. A fin de acomodar a sus visitantes, los nativos desmontaron con muestras de agrado la estructura interna de algo así como la mitad de la casa ceremonial, y durante dos días y sus noches de pertinaz lluvia, Gajdusek y sus compañeros fueron hospedados bajo un techo suficientemente alto y a cubierto de vientos y agua. Los jóvenes iniciados llevaban el pelo totalmente untado con grasa de cerdo y se lo adornaban trenzando en él tiras de corteza de árbol. De su nariz colgaban enormes aros, llevaban penes de cerdo a modo de brazaletes, y alrededor de sus cuellos lucían genitales de zarigüeyas y canguros trepadores.

Los anfitriones entonaron sus canciones tradicionales durante la primera noche y todo el día siguiente, mientras la lluvia caía incesante en el exterior. A cambio, y como dijera Gajdusek, «para estrechar nuestros lazos de amistad, comenzamos nosotros a cantar algunas canciones, entre ellas algunas de origen ruso como "Otchi chornye" y "Moi kostyor v tumane sve-tit"...». Fueron muy bien recibidas, y los pobladores de Agakamatasa solicitaron su repetición varias docenas de veces para acompañar desde su refugio la enérgica tempestad.

Algunos años después Gajdusek se hallaba recopilando músicas indígenas en otro sector de la región meridional y pidió a un grupo de jóvenes que le enseñara su repertorio de canciones tradicionales. Para asombro y solaz de Gajdusek, los nativos entonaron una parcialmente alterada aunque claramente reconocible versión de «Otchi chornye». Muchos de los cantantes parecían creer a pies juntillas que se trataba de una canción tradicional, y tiempo después Gajdusek aún tuvo oportunidad de oír la canción trasplantada a tierras incluso más lejanas, sin que nadie tuviera la menor idea acerca de su procedencia.

Podemos imaginar fácilmente a un equipo mundial de etno-musicólogos llegando a un alejado rincón de Nueva Guinea y descubriendo que los nativos tienen una canción tradicional notablemente similar en ritmo, melodía y palabras a «Otchi chornye». Si partieran del supuesto de que no había existido ningún contacto previo con la civilización occidental, se encontrarían ciertamente ante un notable misterio.

Durante este mismo año, poco después, Gajdusek recibió la visita de varios médicos australianos ansiosos de conocer sus notables descubrimientos sobre la transmisión del kuru a través de la práctica del canibalismo. Gajdusek describió las teorías del origen de buen número de enfermedades características de los habitantes de la región, y señaló que a diferencia de cuanto uno de los pioneros de la antropología, Bronislaw Malinowski, había registrado entre los pueblos costeros de la Melanesia, los guineanos no creían que los causantes de la enfermedad fuesen los espíritus de los muertos o de parientes difuntos malevolentes que, celosos de los aún vivos, infundían enfermedades a los deudos sobrevivientes que les hubieran ofendido. Para los guineanos la mayor parte de las enfermedades eran atribuibles a embrujos maléficos, que todo varón herido y deseoso de venganza, fuese joven o viejo, podía ejecutar sin especial adiestramiento o ayuda de hechiceros. El kuru tenía una explicación específica vinculada a ritos de brujería, y otras tantas existían para dar cuenta, entre otras, de las enfermedades pulmonares crónicas, la lepra o la frambesia. Tales creencias habían sido firmemente establecidas y mantenidas desde tiempos muy pretéritos, pero cuando los nativos comprobaron que la frambesia remitía rápida y completamente con las inyecciones de penicilina administradas por Gajdusek y su grupo, no tuvieron inconveniente en admitir que su explicación del origen maléfico de la enfermedad era errónea y la abandonaron, sin que haya vuelto a resurgir desde entonces. (Por mi parte desearía que los occidentales supiesen abandonar con tal rapidez como lo han hecho los guineanos ideas sociales obsoletas o manifiestamente erróneas.) El moderno tratamiento aplicado a la lepra contribuyó a que desapareciera su explicación mágica, aunque más lentamente que en el caso anterior, y hoy en día los nativos se ríen de sus primitivas opiniones sobre la lepra y la frambesia. Sin embargo, sí han pervivido las creencias tradicionales sobre el origen del kuru dada la incapacidad de los occidentales para curarla o explicarles de un modo satisfactorio para ellos el origen y naturaleza de la enfermedad. En consecuencia, los guineanos siguen mostrándose sumamente escépticos ante las explicaciones occidentales sobre el kuru y sostienen con vigor que su causa obedece a prácticas maléficas de brujería.

Uno de los médicos australianos, durante una visita a un poblado próximo acompañado por uno de los informadores nativos de Gajdusek en funciones de traductor, ocupó su tiempo visitando a diversos pacientes afectados de kuru y recabando informaciones del más diverso orden. A su regreso, la misma tarde del día de su excursión, le comunicó a Gajdusek que se había equivocado al pensar que los nativos no creían en los espíritus de los difuntos como provocadores de enfermedades, y que además también erraba al sostener que habían abandonado la idea de que el origen de la frambesia residía en determinadas prácticas de hechicería. La gente, prosiguió el galeno australiano, sigue manteniendo que un cuerpo sin

vida puede tornarse invisible y que el invisible espíritu del difunto puede introducirse durante la noche en la piel de una persona a través de un hueco imperceptible e inocular en ella la frambesia. El nativo que había informado del tema al australiano incluso había esbozado sobre la arena, con ayuda de un palo, la apariencia de tales seres fantasmales. Había dibujado con todo cuidado un círculo y unas pocas líneas ondulantes en su interior. Según explicara, fuera del círculo todo era negro, mientras que en su interior brillaba la luz, un curioso retrato pergeñado sobre la arena de los malévolos y patógenos espíritus.

Tras interrogar sobre el asunto al joven traductor, Gajdusek descubrió que el médico australiano había conversado con gentes a quienes conocía muy bien, algunos de los hombres más ancianos del poblado que se contaban entre los invitados habituales a su casa y su laboratorio. Habían intentado explicarle que el «microbio» responsable de la frambesia era de forma espiral, la forma de espiroqueta que tantas veces habían contemplado a través del microscopio de Gajdusek. Los nativos no podían por menos que admitir que se trataba de algo invisible -únicamente podía contemplarse a través del microscopio-, y cuando se vieron acuciados por el médico australiano acerca de si tales espiras «representaban» de algún modo a seres difuntos, acabaron por admitir que Gajdusek había tenido buen cuidado en insistir sobre la posibilidad de contagio a través de un contacto estrecho con lesiones de este tipo, como por ejemplo durmiendo con alguien que padeciese frambesia.

Recuerdo perfectamente la primera vez que miré a través de un microscopio. Tras haberme situado ante el ocular de un modo en que sólo me era dado ver mis propias pestañas, conseguir luego mirar con todo cuidado y atención dentro del cilíndrico tubo óptico, oscuro como boca de lobo, acabé por fin enfocando adecuadamente mi vista hasta que de repente me deslumbró la visión de un círculo brillantemente iluminado. Pasa todavía un cierto lapso de tiempo antes de que el ojo sea capaz de detectar qué es lo que hay dentro del disco iluminado. La demostración ofrecida por Gajdusek a los guineanos era tan contundente - después de todo, no había ninguna alternativa tan concreta como la realidad- que muchos de ellos aceptaron su explicación, incluso dejando de lado su habilidad para curar a los enfermos con penicilina. No puede descartarse que algunos nativos consideraran las espiroquetas vistas a través del microscopio como un divertido ejemplo de magia recreativa del mítico hombre blanco, de modo que cuando se encontraron ante otro hombre blanco que les interrogaba acerca del origen de la enfermedad, muy educadamente le respondieron de la forma que consideraban podía ser más tranquilizadora para su nuevo visitante. Una vez cortado todo contacto con el mundo occidental durante unas pocas décadas, puede ser perfectamente plausible que un futuro visitante se quede perplejo creyendo que los nativos de Nueva Guinea tienen algo muy similar a conocimientos de microbiología patológica a pesar de que se mueven en un estadio cultural innegablemente pretecnológico.

Las tres historias que acabo de registrar ponen de manifiesto los casi inevitables problemas que surgen cuando se trata de recoger de boca de un pueblo «primitivo» la tradición cultural atesorada en sus leyendas. ¿Podemos estar seguros de que antes que nosotros no han pasado otros visitantes que han destruido la pureza prístina de los mitos nativos? ¿Hasta qué punto los nativos no se estarán burlando de nosotros o zancadilleándonos? Bronislaw Malinowski creía haber descubierto un pueblo en las islas Trobriand que no se había percatado de la vinculación entre las relaciones sexuales y el nacimiento de sus hijos. Cuando demandó sobre la forma en que creían podía producirse la concepción de sus niños, le respondieron con un elaborado relato mítico en el que jugaba un papel preeminente la intervención celestial. Atónito, Malinowski señaló que no era realmente así como sucedían las cosas y pasó a relatarles del modo más simple posible la cuestión, incluyendo, claro está, la especificación de los nueve meses de duración del período gestatorio. «Imposible», le replicaron los melanesios. «¿Ve usted esta mujer que lleva en brazos a su hijo de seis meses? Pues bien, su marido hace dos años que está de viaje en otra isla.» ¿Qué parece más plausible, que los habitantes de la Melanesia ignorasen el origen de los niños o que criminasen al antropólogo con no escasa elegancia su extraña pregunta? Si un extranjero de aspecto peculiar se me acerca en mi propia ciudad y me pregunta de dónde vienen los niños, me sentiré indudablemente tentado a hablarle de cigüeñas, de calabazas o de París.

Aunque la gente se encuentre en un ámbito social precientífico, su comportamiento personal no difiere demasiado del nuestro, y considerados como individuos son tan inteligentes como podamos serlo cualquiera de nosotros. La investigación antropológica de campo no siempre es fácil, pues no lo es someter a un cuestionario a individuos pertenecientes a otra cultura.

Me pregunto si los dogones, tras haber escuchado de labios de un occidental un extraordinario relato mítico sobre la estrella Sirio -estrella ya importante dentro de su propia mitología-, no tuvieron el más exquisito cuidado en retransmitírsela al antropólogo francés tal como se la oyeron a un hombre blanco. ¿Acaso no es esto mucho más probable y verosímil que la visita de extraterrestres al antiguo Egipto, que la conservación durante milenios, y sólo en África occidental, de una serie de conocimientos científicos en abierta contradicción con el sentido común?

Son demasiadas las explicaciones alternativas para el mito de Sirio como para que podamos considerarlo como prueba fehaciente de contactos extraterrestres en el pasado. Si los extraterrestres existen, estoy seguro de que los mejores medios de detección serán sin duda alguna los ingenios espaciales no tripulados y los radiotelescopios de largo alcance.

## 7. VENUS Y EL DOCTOR VELIKOVSKY

*Cuando consideramos el movimiento de los cometas- y reflexionamos sobre las leyes gravitatorias, nos percatamos de inmediato de que su aproximación a la Tierra puede desencadenar acontecimientos calamitosos equiparables al diluvio universal, sepultar nuestro planeta en una lluvia de fuego, romperlo en mil pedazos o, como mínimo, alejarlo de su órbita, de su Luna, o, todavía peor, convertirlo en un satélite de Saturno, con lo que se cerniría sobre nosotros un invierno de siglos que haría imposible la vida a hombres y animales. Y tampoco debe pasarse por alto la importancia de las colas de los cometas si en su trayectoria las dejan total o parcialmente en el seno de nuestra atmósfera.*

J. H. LAMBERT

Cosmologische Briefe über die Einrichtung des Weltbaues (1761)

*Por peligroso que pueda ser el impacto de un cometa, sería tan ligero e insignificante que sólo provocaría daños en la parte de nuestro planeta en la que cayera. Incluso podría quedar en paz nuestra conciencia si a cambio de la devastación de un reino el resto de la Tierra pudiera disfrutar de las curiosidades que albergase en su seno un cuerpo celeste llegado desde tan lejos. Quizá nos llevásemos la enorme sorpresa de constatar que los restos de estas masas hasta ahora menospreciadas estaban constituidos por oro y diamantes. Aunque, ¿quién quedaría más asombrado, nosotros o los habitantes de los cometas arrojados sobre nuestro planeta? ¡Cuan extraños nos encontraríamos unos a otros!*

MAUPERTUIS,

Lettre sur la comete (1752)

Los científicos, como cualquier otro ser humano, tienen sus esperanzas, sus pasiones, sus momentos de desánimo, y a veces las emociones sentidas con intensidad pueden dar al traste con la práctica más cabal y el pensamiento más clarividente. Sin embargo, una de las virtudes de la ciencia es su capacidad para autoenmendarse. Sus conclusiones y axiomas más fundamentales pueden ser sometidos a prueba, las hipótesis genéricamente aceptadas deben ser contrastadas con observaciones empíricas, y por ende carecen de todo sentido las apelaciones a cualquier principio de autoridad. En toda argumentación razonada los distintos pasos han de ser comprendidos por todo aquel que se lo proponga y los experimentos deben ser siempre susceptibles de reproducción.

La historia de la ciencia está llena de casos en los que teorías e hipótesis previamente aceptadas han sido objeto de un rechazo generalizado al ver la luz nuevas ideas que conseguían explicar de forma más adecuada los datos experimentales. Aunque existe una inercia psicológica perfectamente comprensible -cuyo lastre se hace sentir por lo general durante el lapso de una generación-, las revoluciones en el terreno del pensamiento científico suelen considerarse y aceptarse como un elemento necesario y deseable para el progreso de la ciencia. En realidad, toda crítica razonada a una determinada creencia no es más que un servicio a sus propios veladores, y si se muestran incapaces de rebatirla harán bien en abandonar sus tesis. Este aspecto del método científico, la capacidad que posee para plantearse interrogantes y corregir sus propios errores, constituye su propiedad más sobresaliente, al tiempo que diferencia a la ciencia de la mayor parte de las demás actividades y empresas humanas, donde la credulidad se erige como norma.

La idea de que la ciencia más que un conjunto de conocimientos es un determinado método no se aprecia en su exacto valor fuera del campo científico, e incluso tampoco entre algunos de sus estamentos. De ahí que yo y algunos de mis colegas de la Asociación Americana



para el Progreso Científico (AAAS) hayamos defendido la necesidad de establecer con regularidad una serie de debates en las reuniones anuales que celebra dicha asociación sobre aquellos aspectos pseudocientíficos que hayan gozado de un mayor interés público. El objetivo que se persigue no es zanjar la disputa sobre determinado tema de una vez por todas, sino más bien ilustrar en la práctica el proceso que debe articular toda polémica razonada, mostrar el modo en que los científicos abordan un problema que no se presta a pruebas experimentales bien definidas, presenta caracteres de heterodoxia en razón de su naturaleza interdisciplinaria o suele ser objeto de discusiones apasionadas y emocionales.

La crítica a fondo de las nuevas ideas es una tarea usual de la ciencia. Aunque el estilo de la crítica puede variar en razón del carácter de quien la efectúa, parece indudable que todo análisis crítico excesivamente cortés no reporta el menor beneficio ni a los defensores de nuevas ideas ni a la empresa científica en su conjunto. Debe estimularse toda objeción importante, y los únicos argumentos excluidos de la polémica son los ataques ad hominem sobre la personalidad del oponente o los motivos que impulsan su trabajo. No interesan nada las razones que impulsan a alguien a lanzar sus ideas ni las que abrigan sus detractores para criticarlas; lo único que interesa es determinar si las ideas son ciertas o erróneas, prometedoras o regresivas.

Como ejemplo, he aquí el informe presentado por un dictaminador cualificado sobre un artículo enviado a la revista científica *Icarus* para su publicación: «En mi opinión el artículo es absolutamente inaceptable para su publicación en *Icarus*. No se fundamenta en ninguna investigación científica sólida, y en el mejor de los supuestos no se trata más que de especulaciones incompetentes. El autor no enuncia explícitamente sus hipótesis; las conclusiones son ambiguas y sin fundamento; no toma en su cuenta otros trabajos relacionados con el tema; tablas y figuras carecen de la imprescindible claridad; es indudable que el autor del artículo no posee la menor familiaridad con la literatura científica fundamental...». Acto seguido, el crítico procedía a justificar sus observaciones de un modo detallado. Se trata de un tipo de informe poco frecuente, aunque no insólito. Como resultado, el artículo fue rechazado. Por lo general, se considera que estos casos constituyen a un mismo tiempo una bendición para la ciencia y un favor hecho al autor del trabajo. La mayoría de los científicos están acostumbrados a recibir dictámenes críticos, que suelen ser indulgentes, cada vez que presentan un artículo a una publicación especializada. Por lo general, las críticas suelen constituir una franca ayuda, y lo más usual es que una vez tomadas en cuenta las críticas y efectuadas las correspondientes revisiones el trabajo acabe siendo publicado. A modo de nuevo ejemplo sobre una crítica sin ambages en el terreno de la literatura científica, el lector interesado puede consultar el trabajo de J. Meeus «Comments on The Jupiter effect» (1975).(\*) y la crítica sobre el mismo aparecida en *Icarus*.

--

(\*) La referencia completa de las obras citadas en este capítulo aparece en la Bibliografía.

--

Las críticas rigurosas son más constructivas en el terreno científico que en ninguna otra área de la actividad humana, pues en el caso de la ciencia existen unos patrones estándar de validación aceptados por los profesionales competentes de todo el mundo. El objetivo de la crítica no es eliminar nuevas ideas, sino antes bien estimular su aparición y consolidación. Quienes superen con éxito una investigación escéptica a fondo tienen enormes probabilidades de estar en lo cierto, o como mínimo de haber planteado propuestas útiles.

La obra de Immanuel Velikovsky ha conseguido desatar una conmoción entre los miembros de la comunidad científica, muy especialmente a raíz de la publicación de su primer libro, *Worlds in Collision*, aparecido en 1950. No pocos científicos se sintieron molestos ante la comparación que establecieron los escritores neoyorquinos y uno de los editores de la *Harper's* entre Velikovsky y figuras de la talla de Einstein, Newton, Darwin o Freud, pero su

resentimiento se fundamentaba más en la fragilidad de la naturaleza humana que en juicios propiamente científicos. Por lo demás, los científicos no dejan de ser ante todo hombres con las mismas debilidades que todo el mundo. Otros se mostraron consternados por el recurso a textos indios, chinos, aztecas, sirios o bíblicos para fundamentar puntos de vista extremadamente heterodoxos en el terreno de la mecánica celeste. No obstante, sospecho que la razón es que pocos son los físicos y especialistas en mecánica celeste con conocimientos medianamente fluidos en tales lenguas o con cierta familiaridad con tales textos.

Mi opinión es que no puede tomarse como excusa válida para menospreciar ideas nuevas el grado de heterodoxia del proceso de razonamiento o la dificultad de digerir sus conclusiones, y mucho menos entre científicos. En consecuencia, me alegró sobremanera que la AAAS decidiera organizar una discusión sobre *Worlds in Collision* en la que tomó parte el propio Velikovsky.

Mientras leía las críticas suscitadas por la obra de Velikovsky, me sorprendió constatar su escasez y cuan raramente se enfocaban en ellas los puntos nucleares de las tesis del autor criticado. De hecho, ni críticos ni veladores de Velikovsky parecen haberle leído atentamente, e incluso tengo la impresión de que en ciertos casos el propio Velikovsky no se ha leído a sí mismo con todo detenimiento. Quizá la publicación de la mayor parte de lo discutido en el simposio de la AAAS (Goldsmith, 1977) y estas páginas, cuyas principales conclusiones ya presenté en el mencionado simposio, ayuden a clarificar el estado de la cuestión.

En este escrito mi objetivo es analizar críticamente las tesis expuestas en *Worlds in Collision* y enfocar el problema tanto desde el punto de vista mantenido por Velikovsky como desde el mío propio, es decir, no perder de vista en ningún momento los escritos antiguos que constituyen el núcleo de su argumentación y, al mismo tiempo, contrastar sus conclusiones con los hechos y la lógica a mi disposición.

La principal tesis sustentada por Velikovsky es que los principales acontecimientos de la historia de la Tierra y la de otros planetas del sistema solar se han producido en un contexto catastrofista. Catastrofismo es un caprichoso término acuñado por los geólogos para designar una de las posturas dentro de una importante disputa mantenida en la infancia de su ciencia y que aparentemente culminaría entre 1785 y 1830 con los trabajos de James Hutton y Charles Lyell, partidarios de una concepción opuesta, la que suele denominarse uniformitarismo. Ambos términos y la práctica misma de sus respectivos veladores evocan familiares antecedentes teológicos. Un uniformitarista sostiene que la conformación material de nuestro planeta deriva de procesos cuya operatividad aún podemos detectar en nuestros días, si bien no debe olvidarse que su acción tiene lugar a través de períodos temporales de inmensa duración. Por su parte, un catastrofista sostendrá que los cambios se han producido a través de un pequeño número de cataclismos de inusitada violencia y de duración temporal comparativamente muy breve. El catastrofismo subyace en el pensamiento de aquellos geólogos que aceptan una interpretación literal del libro del Génesis, y en particular el relato del diluvio universal.

Evidentemente no tiene el menor valor argumentar contra el punto de vista catastrofista alegando que en tiempos históricos no ha sido posible detectar ninguna catástrofe de gran magnitud. La hipótesis catastrofista sólo precisa para sustentarse de unos pocos eventos extraordinarios. No obstante, si podemos demostrar la necesidad de que transcurran determinados períodos de tiempo para que procesos en marcha que todos podemos observar hoy en día culminen en determinadas transformaciones geológicas quedará, como mínimo, obviada la necesidad de postular hipótesis catastrofistas. Es evidente, por lo demás, que en la historia de nuestro planeta pueden haber acaecido tanto procesos uniformitaristas como catastrofistas, y casi parece indudable que así ha sido en realidad.

Velikovsky sostiene que en la historia relativamente reciente de nuestro planeta han tenido lugar una serie de catástrofes celestes en forma de colisiones de cometas y planetas, pequeños y no tan pequeños. La posibilidad de colisiones cósmicas nada tiene de absurda, y

en tiempos pasados los astrónomos no tuvieron el menor inconveniente en invocarlas para explicar una serie de fenómenos naturales. Por ejemplo, Spitzer y Baade (1951) lanzaron la hipótesis de que los manantiales extra-galácticos de ondas de radio pueden haber tenido su origen en colisiones entre galaxias que encerrasen centenares de miles de millones de estrellas. Esta tesis ha sido abandonada más tarde, no porque carezca de sentido pensar en colisiones cósmicas, sino porque la frecuencia y características de las mismas no concuerda con nuestros conocimientos actuales sobre las fuentes de ondas de radio. Una teoría sobre el manantial energético de los cuasars que aún goza de popularidad es la que lo contempla como resultado de colisiones estelares múltiples producidas en el centro de las galaxias, donde en todo caso los eventos catastróficos deben ser completamente normales.

Colisiones y catastrofismo forman parte de la astronomía moderna, y así ha sido desde hace ya algunos siglos (véanse los epígrafes con que se abre el presente escrito). Por ejemplo, en las primeras fases históricas de nuestro sistema solar, cuando albergaba con toda probabilidad muchos más cuerpos celestes de los que acoge en la actualidad -entre los que se incluían muchos con órbitas sumamente excéntricas-, debieron menudear las colisiones. Lecar y Franklin (1973) han investigado cientos de colisiones acaecidas en un período de unos pocos milenios a comienzos de la creación del cinturón de asteroides con objeto de interpretar la configuración actual de esta región de nuestro sistema solar. Harold Urey (1973), en su artículo «Cometary collisions and geological periods», analiza las consecuencias que traería consigo la colisión de la Tierra con un cometa de una masa de alrededor de 10<sup>18</sup> gramos, entre ellas la producción de terremotos y la elevación de la temperatura de los océanos. Los sucesos de Tunguska de 1908, en que quedó como la palma de la mano un bosque siberiano, suelen atribuirse a la caída en dicha zona de un pequeño cometa. Los cráteres que tachonan las superficies de Mercurio, Marte, Fobos, Deimos y la Luna son elocuentes testimonios de la existencia de abundantísimas colisiones a lo largo de la historia del sistema solar. Por tanto, nada hay de heterodoxo en la idea de las catástrofes cósmicas, y se trata de un punto de vista genéricamente aceptado en el ámbito de la física del sistema solar, como mínimo desde finales del siglo pasado, época a la que se remontan los estudios sobre la superficie lunar de G. K. Gilbert, el primer director del Instituto Geológico Norteamericano.

Por tanto, ¿a qué viene tanto revuelo? Pues los puntos en litigio son la escala temporal de tales colisiones y las pruebas experimentales aportadas. En los 4.600 millones de años de historia de nuestro sistema solar se han producido con seguridad innumerables colisiones. Pero, ¿ha existido alguna de gran importancia en los últimos 3.500 años? ¿Puede demostrarnos su existencia el estudio de escritos antiguos? He aquí el meollo del asunto.

Velikovsky ha prestado atención a una amplísima gama de historias y leyendas atesoradas por distintos pueblos, muy distantes entre sí, historias que muestran notables similitudes y concordancias. No soy ningún experto en cultura o lengua de ninguno de esos pueblos, pero me siento aturcido por la concatenación de leyendas acumulada por Velikovsky. Indudablemente algunos expertos en culturas antiguas se han mostrado mucho menos impresionados. Recuerdo, por ejemplo, una discusión sobre *Worlds in Collision* mantenida con un distinguido Profesor de semíticas de una afamada universidad. Más o menos vino a señalarme lo siguiente: «desde luego, los aspectos y erudición asiriológica, egipciológica y bíblica, así como los referentes a tradición talmúdica y midrásica, son auténticas necedades, pero me he sentido vivamente impresionado por las cuestiones astronómicas». Pues bien, mi punto de vista es precisamente el opuesto. Sin embargo, no quisiera desviarme de mi propósito a través de influencias ajenas. Mi punto de vista personal es que sólo con que fuesen reales el 20 % de las concordancias legendarias que presenta Velikovsky, ya habría algo importante necesitado de una explicación. Además, la historia de la arqueología nos presenta una impresionante colección de casos -desde los trabajos de Heinrich Schliemann en Troya a los de Yigael Yadin en Masada- en que se han visto confirmadas por los hechos diversas descripciones fijadas en textos antiguos.

Pues bien, ¿cómo debe interpretarse el hecho de que una amplia gama de culturas independientes entre sí hayan elaborado lo que indudablemente debe considerarse como

una misma leyenda? Las posibilidades parecen ser cuatro, a saber, observación común, difusión, conexión mental o mera coincidencia. Examinemos cada una de ellas.

Observación común: Una posible explicación es que todas las culturas en cuestión presenciaron un mismo acontecimiento y lo interpretaran de modo idéntico. Por descontado, la interpretación de qué fue en realidad este evento común no tiene por qué ser única.

Difusión: Una leyenda creada en el seno de una determinada cultura se difunde gradualmente a otros ámbitos culturales, con algunas modificaciones de poca monta, gracias a frecuentes e importantes migraciones humanas. Un ejemplo trivial de este proceso es la introducción en América de la leyenda de Santa Claus, cuyo origen es la leyenda europea sobre San Nicolás (Claus es un diminutivo alemán de Nicolás), el santo patrón de los niños, y que, en última instancia, deriva de una tradición precristiana.

Conexión mental: A esta hipótesis se la designa a veces como memoria racial o inconsciente colectivo. Según la misma, existen ciertas ideas, arquetipos, figuras legendarias e historias impresas en el ser humano desde el momento mismo de su nacimiento, quizá de modo similar a como un babuino recién nacido ya siente temor ante las serpientes o un pájaro al que se hace crecer aislado de sus congéneres no por eso ignora las técnicas de construcción de nidos. Evidentemente, si una historia legendaria deriva de la observación o la difusión combinadas con la «conexión mental», tiene muchas más probabilidades de pervivir culturalmente.

Coincidencia: Por mero azar dos leyendas elaboradas independientemente pueden encerrar un contenido similar. En la práctica, tal hipótesis se diluye en la de la conexión mental.

Si deseamos examinar críticamente una serie de aparentes concordancias, ante todo debemos tomar una serie de precauciones obvias. ¿Las historias consideradas exponen en realidad lo mismo y, si así es, lo hacen recurriendo a idénticos elementos esenciales? Suponiendo que interpretemos debidamente una serie de observaciones comunes, ¿puede asegurarse que daten de la misma época? ¿Puede excluirse con toda seguridad la posibilidad de contacto físico entre representantes de diferentes culturas, tanto en la época en discusión como en un momento ulterior? Velikovsky se inclina claramente por la hipótesis de la observación común, al tiempo que parece descartar con exagerado simplismo la hipótesis de la difusión. Por ejemplo, dice Velikovsky en la página 303: \* «¿Cómo es posible que temas folklóricos insólitos lleguen hasta islas lejanas cuyos aborígenes carecen de medios para cruzar los mares?» No sé bien a qué islas y aborígenes se está refiriendo Velikovsky en este párrafo, pero es obvio que los habitantes de cualquier isla deben haber llegado a ella de algún modo. No creo que Velikovsky crea en una creación distinta y diferenciada para, por poner un ejemplo, las islas Gilbert y las islas Ellice. En los casos de Polinesia y Melanesia disponemos actualmente de pruebas irrefutables sobre la realización de abundantes viajes por mar durante el último milenio en los que se atravesaban distancias de incluso varios miles de kilómetros, y muy probablemente tales travesías también hayan tenido lugar en épocas anteriores (Dodd, 1972).

--

(\*) ... Esta paginación se refiere a la edición estándar en lengua inglesa (Velikovsky, 1950).

—

Otro ejemplo. ¿Cómo puede explicar Velikovsky que la palabra tolteca para designar a «dios» haya sido teo, y así nos lo certifica Teotihuacán («Ciudad de los dioses»), cerca de la actual Ciudad de México, donde la ciudad sagrada es conocida por San Juan Teotihuacán? No hay ningún suceso celestial común que pueda explicar de un modo aceptable tal coincidencia. El tolteca y el náhuatl no son lenguas indoeuropeas, y parece altamente

improbable que la palabra que designe a «dios» se halle impresa en todo cerebro humano. Y sin embargo teo tiene una indudable raíz común con otros términos indoeuropeos relacionados con el concepto «dios», y conservados en palabras tales como «deidad» o «teología». Las hipótesis preferibles en el presente caso son las de coincidencia o difusión. Parecen existir ciertas pruebas de contactos precolombinos entre el Viejo y el Nuevo Mundos. Con todo, no por ello puede descartarse alegremente la hipótesis de la coincidencia. Si comparamos dos lenguas, cada una de ellas con decenas de miles de palabras, habladas por seres humanos con la lengua, los dientes y la laringe idénticas, nada tiene de sorprendente que unas pocas palabras sean casualmente idénticas. Pues bien, creo que todas las coincidencias que expone Velikovsky pueden ser explicadas de forma similar a las que acabo de reseñar.

Tomemos un ejemplo del método que emplea Velikovsky para enfocar tales problemas. Señala que ciertas historias muy similares, directa o vagamente conectadas con eventos celestiales, encierran referencias a una bruja, un ratón, un escorpión o un dragón (págs. 77, 264, 305, 306, 310). Y he aquí su explicación: en el momento mismo en que algunos cometas pasaron muy cerca de nuestro planeta, se vieron desfigurados por fenómenos gravitatorios o eléctricos hasta el punto de adoptar la forma de una bruja, un ratón, un escorpión o un dragón, formas clara e indudablemente interpretadas como correspondientes a un mismo animal por pueblos culturalmente aislados y de características muy diferentes entre sí. Aún dando por buena la hipótesis de que ciertos cometas se aproximen enormemente a la Tierra, no existe la menor prueba que nos incline a creer que formas tan precisas como, por ejemplo, la de una mujer montada en una escoba voladora y tocada con un sombrero cónico puedan haberse generado de este modo. La experiencia que poseemos del Rórschach y otros tests psicológicos proyectivos de tipo similar nos indica que individuos distintos ven la misma imagen no representativa de modos diferentes. Pero Velikovsky aún va más lejos, y cree que la aproximación a la Tierra de una «estrella» que identifica con Marte produce tal transfiguración en el perfil externo del planeta que acaba adoptando (pág. 264) indiscutible aspecto de leones, chacales, perros, cerdos y peces; en su opinión, así se explica el culto a los animales mantenido por los egipcios. No se trata de un razonamiento que nos capte por su solidez, y poco más o menos nos sería igualmente plausible admitir que dos mil años antes de Cristo toda esta colección zoológica era capaz de volar por su cuenta y de ahí que se la pudiese contemplar en los cielos. Una hipótesis mucho más respetable es la de la difusión. Por lo demás, y dentro de otro contexto, he dedicado buena parte de mi tiempo a estudiar las leyendas sobre dragones elaboradas por distintos pueblos de nuestro planeta, y me impresionó ver cuan diferentes pueden llegar a ser estas bestias míticas a pesar de que a todas las denominen dragones los escritores occidentales.

También a modo de ejemplo, consideremos la argumentación desarrollada en la segunda parte del capítulo 8 de *Worlds in Collision*. Velikovsky sostiene la existencia de una tendencia generalizada dentro de las culturas antiguas a creer que el año tenía 360 días, el mes 36 días y, por tanto, el año diez meses. Velikovsky no ofrece ninguna justificación física del caso, aunque sí señala que el conocimiento de su oficio que tenían los astrónomos de la antigüedad difícilmente podía conducirles a pasar por alto o equivocarse en cinco días por año o 6 cada lunación. Pronto la noche se mostraría brillante mientras la astronomía oficial consideraba que corría una fase de luna nueva, comenzarían a caer nevadas en el mes de julio y los astrólogos iban a pasar más hambre que un maestro de escuela. Por lo demás, tras la experiencia de un trato frecuente con astrónomos contemporáneos, no comparto con Velikovsky su creencia en la infalible precisión de los cálculos elaborados por sus lejanos antecesores. Velikovsky sugiere que estas aberrantes convenciones acerca del calendario reflejan verdaderos cambios en la duración de los días, meses y/o años, al tiempo que constituyen claras pruebas de la aproximación al sistema Tierra-Luna de cometas, planetas u otros visitantes celestes.

Existe otra explicación mucho más plausible, la que toma en cuenta como punto de partida que no existe un número exacto de lunaciones dentro de un año solar ni un número exacto de días en una lunación. Tales inconmensurabilidades deben haber incomodado a toda cultura con conocimientos aritméticos Pero aún no familiarizada con los problemas de los

grandes números y los números fraccionarios. Incluso hoy en día siguen considerando como estorbos tales inconmensurabilidades las gentes de religión musulmana y judía cuando constatan que tanto el ramadán como la pascua judía se presentan en fechas del calendario solar que varían de año en año. En los asuntos humanos existe un claro chauvinismo en favor de los números enteros, fácilmente discernible al hablar de aritmética con los niños. Por tanto, suponiendo su existencia, creo que las irregularidades del calendario quedan mucho más plausiblemente explicadas por esta vía.

Trescientos sesenta días por año es una convención (temporal) obvia para civilizaciones con una aritmética de base 60, tal como era el caso de las culturas sumeria, acadia, asiria y babilónica. Por otro lado, treinta días por mes o diez meses al año pueden resultar convenciones muy atractivas para los entusiastas de una aritmética de base decimal. Me pregunto si más que con una colisión entre Marte y la Tierra no estaremos habiéndonoslas con un eco del enfrentamiento entre los defensores de una aritmética de base 60 y los veladores de una aritmética de base 10. Si bien es indudable que durante la antigüedad el gremio de los astrólogos pudo llegar a sentirse dramáticamente agotado al ver la celeridad con que quedaba desacompañado cualquiera de los calendarios que construyeran, pero eran gajes del oficio, y a cambio permitía eliminar la angustia mental derivada del manejo de las fracciones. Así pues, de hecho, la piedra angular sobre la que se apoya todo este asunto parecen ser las deficiencias inherentes a un pensamiento cuantitativo embrionario.

Un experto en cómputo del tiempo durante la antigüedad (Leach, 1957) señala que en las culturas antiguas los ocho o diez meses del año tenían un nombre, pero que los restantes, dada su falta de importancia económica en el marco de una sociedad agrícola, no lo tenían. Diciembre, palabra derivada del latín decem, significa el décimo mes, no el duodécimo. (Septiembre el séptimo, octubre el octavo y noviembre el noveno, por idénticas razones.) En los pueblos que se hallan en una fase precientífica de su desarrollo no suelen contarse los días del año por estar muy poco habituados al manejo de grandes cifras, de ahí que el punto de referencia con que se rigen suelen ser los meses. Uno de los más grandes historiadores de la ciencia y la matemática antiguas, Otto Neugebauer (1957), señala que, tanto en Mesopotamia como en Egipto, estuvieron simultáneamente en uso dos calendarios diferenciados y mutuamente excluyentes. Por un lado, un calendario civil cuya función primordial era satisfacer las necesidades de cómputo, por otro, un calendario agrícola, por lo general avanzado con respecto al anterior y de difícil manejo, aunque mucho más ajustado a las realidades estacionales y astronómicas. Muchas culturas de la antigüedad resolvieron el problema de la duplicidad de calendarios limitándose a añadir cinco días festivos al final de cada anualidad. Se me hace difícil admitir que la existencia de años de 360 días entre pueblos en estadio precientífico pueda ser una prueba irrefutable de que por entonces para completar su revolución en torno al Sol la Tierra empleaba 360 días en lugar de los 365 que detectamos actualmente.

En principio, una forma de resolver la discrepancia es examinar el crecimiento de los anillos de coral, pues sabemos actualmente que marcan con notable regularidad el número de días por mes (sólo en los corales intermareales) y por año. En tiempos históricos ya recientes no parecen haber existido disquisiciones de importancia acerca del número de días de una lunación o de una anualidad, y el gradual acortamiento (no prolongación) de días y meses con respecto al año a medida que transcurre el tiempo viene siendo considerado desde tiempo atrás acorde con los postulados de la teoría de las mareas y la conservación de la energía y el momento angular en el sistema físico Tierra-Luna, sin que se apele a comentarios complementarios o a cualquier otra intervención exógena.

Otro problema que plantea el método de Velikovsky es la sospecha de que teorías vagamente similares entre sí pueden estar refiriéndose a períodos completamente diferentes. En su *Worlds in Collision* ignora casi por completo el tema del sincronismo entre leyendas distintas, aunque Velikovsky lo tratara en alguno de sus trabajos ulteriores. Por ejemplo, Velikovsky señala (p. 31) que los escritos sagrados occidentales y los hindúes comparten la idea de cuatro edades antiguas culminadas en una catástrofe cósmica. Sin embargo, tanto en el *Hagavad Gita* como en los *Vedas* encontramos grandes divergencias en cuanto al número de tal tipo de edades acaecidas, llegando incluso a sostenerse que se

han sucedido un número infinito de estas. Mas aún, en estos textos orientales se especula el tiempo transcurrido entre las más espectaculares catástrofes (por ejemplo, Campbell 1974), cifrándose en miles de millones de años. Tales apreciaciones no casan en lo más mínimo con la cronología de Velikovsky, quien supone períodos intermedios de centenares o miles de años, es decir, que su hipótesis y las fechas que aporta para sustentarla difieren en un factor del orden de millones. Por otra parte, Velikovsky señala (p. 91) que las tradiciones bíblica, mexicana y griega comparten discusiones vagamente similares sobre vulcanismo y las corrientes de lava. No hay el menor intento de demostrar que tales fenómenos geológicos hayan tenido lugar en épocas ni siquiera relativamente próximas entre sí, y aunque en las tres áreas citadas se han producido erupciones de lava en época histórica, no hay la menor necesidad de recurrir a una causa exógena común para darles cumplida explicación.

A pesar del copioso número de fuentes de referencia citadas, creo que la argumentación de Velikovsky encierra un amplio número de presupuestos acríticos y no demostrados. Permítaseme mencionar algunos pocos. En el texto se recoge una idea muy interesante, a saber, que toda referencia mitológica hecha por cualquier pueblo a propósito de cualquier dios vinculado con un cuerpo celeste representa, de hecho, una observación astronómica directa del mismo. Se trata de una hipótesis atrevida, aunque no sé cómo, aceptándola, pueda llegar a explicarse, por ejemplo, que Júpiter se le apareciese en forma de cisne a Leda mientras que ante Danae optara por convertirse en una lluvia de oro. En la página 247 recurre a la hipótesis identificadora entre dioses y planetas para establecer la cronología de Hornero. Sea como fuere, Velikovsky toma las palabras de Hornero y Hesíodo al pie de la letra cuando relatan el nacimiento de Atenea de la cabeza del padre Júpiter, con lo cual acepta la hipótesis de que el cuerpo celeste asociado a Atenea fue expulsado por el planeta Júpiter. Pero, ¿cuál es el cuerpo celeste asociado a Atenea? Una y otra vez se le identifica con el planeta Venus (Cap. 9 de la Primera parte y otros varios lugares de la obra). Leyendo la obra de Velikovsky es difícil que nadie llegase a la conclusión de que los griegos acostumbraban identificar a Afrodita con Venus, mientras que a Atenea no solía asociársele ningún cuerpo celeste. Más aún, Atenea y Afrodita eran diosas «contemporáneas», nacidas ambas mientras Zeus reinaba sobre todos los dioses. Pues bien, en la página 251, Velikovsky señala que Luciano «no se percató de que Atenea es la diosa del planeta Venus». El pobre Luciano parece mantener la muy errónea opinión de que la diosa del planeta Venus es Afrodita. Sin embargo, en la nota que aparece en la página 361 Velikovsky comete por primera y única vez a lo largo del libro el desliz de utilizar la forma «Venus (Afrodita)». En la página 247 se nos habla de Afrodita como diosa de la Luna. Pero entonces, ¿quién era Artemisa (o Selene, de acuerdo con una denominación aún más antigua), la hermana del Apolo solar? De acuerdo con mis conocimientos sobre el tema, no niego que puedan existir buenas razones que justifiquen la identificación de Atenea con Venus, pero es indudable que la misma no ocupa un lugar de preeminencia en el corpus de conocimiento actual ni en el que imperaba un par de milenios atrás, necesidad por lo demás imprescindible para que se mantenga en pie el hilo argumental sostenido por Velikovsky. Detectar una identificación celestial de Atenea comentada tan a la ligera no contribuye precisamente a incrementar nuestra confianza ante las observaciones que se adjuntan acerca de otros mitos astrales mucho menos familiares en nuestra civilización.

Hay otras varias observaciones de Velikovsky sobre las que nos ofrece justificaciones en extremo inadecuadas a pesar de su primordial importancia para uno o más de los temas en que centra su obra. Por ejemplo, en la página 283 sostiene que «al penetrar en la atmósfera terrestre, los meteoritos producen un tremendo estrépito», cuando todas las observaciones señalan que lo hacen de forma completamente silenciosa; en la página 114 sostiene que «cuando un rayo alcanza a un imán invierte su polaridad»; en la página 51 traduce «Barad» como meteoritos; en la página 85 sostiene que «como es bien sabido, Palas es otro de los nombres asignado a Tifón». En la página 179 Velikovsky señala que cuando los nombres de dos dioses se unifican en uno solo mediante el uso de un guión, se quiere dar a entender la asignación de un atributo preciso del cuerpo celestial involucrado en el binomio. Por ejemplo, Velikovsky interpreta Ashteroth-Karnaim, una Venus astada, como un planeta Venus en fase creciente, prueba de que en tiempos pretéritos Venus se hallaba tan próximo a nuestro globo como para que sus fases fuesen discernibles a simple

vista. Pero de ser cierto el principio relacional apuntado, ¿cómo debe interpretarse, por ejemplo, el binomio sagrado Amón-Ra? ¿Acaso debe entenderse que los egipcios veían el sol (Ra) como un carnero (Amón)?

En la página 63 se señala que, cuando en la Biblia se habla de la muerte de los «primogénitos» de Egipto a causa de la décima plaga del Éxodo, debe entenderse en realidad que los condenados a muerte son los «elegidos». Se trata de un punto bastante importante, y nos permite inferir que cuando la Biblia entra en contradicción con las hipótesis de Velikovsky éste adopta la decisión de retraducirla de acuerdo con sus intereses. Todos los interrogantes planteados precedentemente tienen respuestas bastante simples, aunque es inútil buscarlas en *Worlds in Collision*.

No pretendo sugerir que todas las concordancias legendarias derivadas de tradiciones antiguas que nos plantea Velikovsky presenten fallas similares, aunque sí buen número de ellas, y en todo caso las que se ven libres de ellas muy bien pueden tener otro tipo alternativo de explicación, por ejemplo la difusión de tradiciones de uno a otro pueblo o civilización.

Ante un análisis de leyendas y mitos de perfiles tan borrosos como los apuntados, toda evidencia corroboradora procedente de otros ámbitos sería gozosamente recibida por los defensores de las argumentaciones de Velikovsky. Me sorprende la ausencia de toda prueba confirmadora procedente del mundo del arte. Desde unos 10.000 años antes de nuestra era, como mínimo, la humanidad ha ido produciendo una amplísima gama de pinturas, bajorrelieves, sellos cilíndricos y muchos otros tipos de objetos de arte. En ellos se hallan representados todo tipo de temas importantes dentro de las culturas que los han creado, de modo muy particular los de orden mitológico. En tales obras de arte no es raro que se recojan representaciones diversas de eventos astronómicos. Recientemente (Brandt et al., 1974) se han descubierto representaciones pictóricas primitivas en cavernas situadas en el sudoeste americano que aportan pruebas irrefutables de que quedó registro explícito de la aparición en los cielos de la supernova del Cangrejo en el año 1054, suceso del que también se guarda noticia en los anales chinos, japoneses y árabes de la época. Se ha solicitado el interés de los arqueólogos para que rastreen informaciones pictóricas guardadas en cavernas en las que se recojan representaciones de la aparición de otra supernova en épocas aun más tempranas, la de la Supernova Gum (Brandt et al., 1971). No obstante, la aparición en los cielos de una nueva estrella no es ni de lejos un acontecimiento tan impresionante como para serlo la aproximación a nuestro globo de otro planeta, que se supone iría inevitablemente acompañada de residuos interplanetarios y descargas lumínicas que afectarían a la Tierra. Existe un buen número de cavernas situadas a altitudes tales y a tales distancias del mar como para que jamás haya cabido la posibilidad de que sufrieran inundaciones. Dando por supuesto que acaecieran las catástrofes descritas por Velikovsky, ¿por qué no queda el menor registro gráfico contemporáneo de las mismas?

Por tanto, no me parecen en absoluto convincentes las fundamentaciones legendarias solicitadas en apoyo de las hipótesis de Velikovsky. Si su idea de colisiones planetarias y catastrofismos globales acaecidos en épocas recientes contara con el soporte de pruebas físicas notablemente sólidas, podríamos sentirnos tentados a darle cierta credibilidad. Pero si las pruebas aportadas carecen de solidez, considero que las de orden mitológico no llegan a mantenerse en pie por sí solas.

Quisiera presentar ahora un breve resumen de los rasgos que definen las principales hipótesis defendidas por Velikovsky. Al hacerlo, señalaré su relación con los acontecimientos descritos en el libro del Éxodo, y no debe olvidarse que las tradiciones recogidas por otras culturas parecen concordar con la descripción bíblica de los sucesos.

El planeta Júpiter expulsó de su seno un cometa de grandes dimensiones que hacia el 1500 antes de nuestra era colisionaría levemente con nuestro planeta. Y de tal colisión derivan, directa o indirectamente, todas las plagas y tribulaciones faraónicas descritas en el Éxodo bíblico. La materia responsable de que las aguas del Nilo se convirtieran en sangre procedía del cometa. Las alimañas descritas en el Éxodo provienen del cometa, las moscas y quizá



los escarabajos se han visto empujados a la fecundación y a multiplicarse gracias al calor por éste desprendido, como sucediera en el caso de las ranas, originariamente terrestres. Los terremotos provocados por el cometa arrasaron las edificaciones egipcias sin dañar en absoluto las de los hebreos. (A decir verdad, lo único que parece no tener su origen en el cometa es el colesterol responsable del endurecimiento del corazón del faraón egipcio.)

Cómo no, todo lo indicado y más se desprendió de la cola del cometa, responsable también de que las aguas del Mar Rojo se abrieran en dos cuando Moisés alzó su vara ante ellas, tal vez a causa de la marea creada por el campo gravitatorio del cometa o a causa de alguna imprecisa interacción eléctrica o magnética desencadenada entre éste y el Mar Rojo. Luego, una vez cruzaron sin el menor percance los hebreos, evidentemente el cometa se alejó lo suficiente como para que las aguas partidas en dos volvieran a su viejo cauce y ahogaran a las huestes del faraón. Durante los cuarenta años subsiguientes, mientras vagaban errantes por el desierto del pecado, los hijos de Israel se alimentaron del maná que les caía de los cielos, que resultó ser un compuesto de hidrocarburos (o carbohidratos) originados en la cola del cometa.

Otra posible lectura de *Worlds in Collision* parece dar a entender que entre el desencadenamiento de las plagas y los sucesos del Mar Rojo debió transcurrir un mes o dos y que tuvieron sus orígenes en sendos pasos del cometa por nuestra atmósfera. Tras la muerte de Moisés, una vez el manto del liderazgo ha pasado a hombros de Josué, este mismo cometa volverá a rozar nuestro planeta con chirriante estruendo. Cuando Josué clama «Sol, párate sobre Gibeón; y tú, Luna, sobre el valle de Ajalón», la Tierra -quizás a causa una vez más de interacción gravitatoria, o tal vez en razón de cierta inducción magnética inespecífica generada sobre la corteza terrestre- cesa inmediatamente de girar y le permite a Josué alcanzar la victoria en la batalla. Acto seguido el cometa está a punto de colisionar con Marte, interaccionando con él con tal fuerza que le arranca de su órbita y le pone en peligro por dos veces de chocar con nuestro planeta, cuasi-colisiones que provocan la destrucción de los ejércitos del rey asirio Sanaquerib, responsable de la miserable existencia que venían soportando las últimas generaciones de israelitas. En la fase siguiente Marte se incorpora a su órbita actual y el cometa entra en órbita circular alrededor del sol para convertirse en el planeta Venus, que en opinión de Velikovsky no había existido hasta este preciso instante. Mientras tanto, la Tierra se ponía de nuevo en movimiento, y éste mantenía unas características muy similares a las que tuviera antes de todos estos encuentros celestes.

Hasta alrededor del siglo VII a.C. no debió producirse ningún comportamiento planetario aberrante, y ello a pesar de la abundancia con que parecen haberse producido durante el segundo milenio.

Nadie, ni defensores ni detractores, podrá dejar de admitir que se trata de un relato notable y sorprendente. Pero además, y por fortuna, se trata de un relato susceptible de verse sometido a contrastación científica. Las hipótesis de Velikovsky le llevan a efectuar ciertas predicciones y deducciones. Por ejemplo, que los cometas son grandes masas de materia expulsadas del seno de los planetas; que los cometas son capaces de pasar muy cerca de los planetas, incluso rozarlos, creando perturbaciones; que en los cometas, así como en las atmósferas de Júpiter y Venus, viven alimañas; que en todos estos lugares que acabamos de citar también podemos encontrar carbohidratos; que en la península de Sinaí cayeron de los cielos suficientes carbohidratos como para alimentar durante cuarenta años a las errabundas masas israelitas que cruzaban el desierto; que órbitas excéntricas de planetas y cometas pueden tornarse perfectamente circulares tras el paso de unos cientos de años; que se producían fenómenos volcánicos y tectónicos en nuestro planeta e impactos de diferentes cuerpos celestes sobre la superficie lunar simultáneamente a tales catástrofes; y así sucesivamente. Deseo discutir cada uno de tales puntos así como algunos otros no mencionados hasta aquí, como por ejemplo el supuesto de que la superficie de Venus se halla a elevada temperatura, que aunque sea un aspecto secundario con respecto a la sustentación de sus hipótesis no por ello ha dejado de jugar un papel primordial como prueba a favor post hoc. También deseo someter a examen una «predicción» adicional y fortuita de Velikovsky, a saber, que los casquetes polares de Marte están compuestos por

carbono o carbohidratos. La conclusión de mi análisis crítico es que cuando Velikovsky se muestra original en sus planteamientos es más que probable que esté equivocado, mientras que en aquellos puntos en que acierta se sustenta en ideas ya previamente empleadas por otros. No son pocas las veces en las que además de sustentar errores no presenta la menor originalidad, aspecto este último de notable importancia pues se ha mantenido que ciertas circunstancias (por ejemplo, la elevada temperatura de la superficie de Venus) fueron predichas por Velikovsky en momentos en que todo el mundo las imaginaba muy distintas. Pero como tendremos oportunidad de ver, en realidad no ha sido así.

En las discusiones que siguen, intentaré utilizar, siempre que me sea posible, razonamientos simples de orden cuantitativo. Evidentemente, los argumentos cuantitativos constituyen una malla mucho más fina que los cualitativos en cuanto a establecer un cribado de hipótesis. Por ejemplo, si afirmo que tiempo ha una enorme ola sumergió bajo las aguas a nuestro planeta, puedo aportar en favor de mi aserto una amplia gama de catástrofes, desde la inundación de regiones litorales hasta una inundación generalizada. Pero si especifico que la ola generada por la marea tenía una altura de alrededor de unos 200 kilómetros, sin duda alguna estaré hablando de una catástrofe del último de los tipos indicados, aunque quizás entonces existan una serie de evidencias críticas que nos inclinen a descartar la existencia de una ola de tales dimensiones. Para que los argumentos de orden cuantitativo pueda comprenderlos cualquier lector que no esté especialmente familiarizado con la física elemental he intentado, y de forma muy especial en los apéndices (véase páginas 409-414), reflejar todos los pasos esenciales del razonamiento y utilizar los argumentos más sencillos a condición de que no se alteren con ellos las ideas físicas esenciales implicadas. Quizá debo señalar que la verificación de hipótesis cuantitativas es completamente rutinaria y usual en las ciencias físicas y biológicas de hoy en día. Una vez verificadas las hipótesis y dejadas de lado las que no se ajusten a los estándares de análisis indicados, resulta inmediata la necesidad de plantear nuevas hipótesis que presenten una mejor concordancia con los hechos.

Hay otro aspecto vinculado con la metodología científica que creo necesario recalcar. No todas las aserciones científicas tienen idéntico peso específico. Por ejemplo, la dinámica newtoniana y las leyes de conservación de la energía y del momento angular se asientan sobre bases extremadamente sólidas. Son literalmente millones los experimentos independientes entre sí que acuden en apoyo de su plena validez, no sólo sobre nuestro planeta, sino que las modernas técnicas de observación astrofísica nos la testifican para cualquier otro lugar del sistema solar, dentro de otros sistemas solares e incluso en el ámbito de otras galaxias que no sean la nuestra. Por el contrario, extremos tales como la naturaleza de las superficies planetarias, de sus atmósferas o de sus núcleos internos se apoyan en bases muchísimo más débiles, como manifiestan los científicos dedicados al estudio de los planetas durante estos últimos años. Un buen ejemplo de la distinción recién establecida nos lo ofrece la aparición del cometa Kohoutek en 1975. La primera vez que se observó dicho cometa se encontraba a una enorme distancia del Sol. Se establecieron un par de predicciones basadas en las primeras observaciones efectuadas. La primera de ellas, fundamentada en las leyes de la dinámica newtoniana, tenía como objeto la determinación de la órbita del cometa, cuál iba a ser su posición en tiempos futuros, en qué momentos iba a ser posible observarlo desde nuestro planeta antes de la salida del sol, en qué otros tras su ocaso, etc. El ajuste entre predicciones y hechos observados fue milimétrico. El segundo núcleo de predicciones se centraba en el brillo lumínico del cometa, basado en conjeturas sobre el grado de vaporización de los hielos del cometa, responsable de la larga cola que se encarga de reflejar la luz solar. En este segundo punto las predicciones fueron erróneas, y el cometa, lejos de rivalizar con Venus en cuanto a brillo, era imposible de detectar por la inmensa mayoría de los observadores a simple vista. No obstante, la velocidad y grado de vaporización depende directamente de la estructura química y geométrica del cometa, que en el mejor de los casos sólo conocemos muy someramente. Pues bien, en todo análisis de las hipótesis vertidas en *Worlds in Collision* debe tenerse siempre muy presente esta misma distinción entre argumentos con sólida base científica y aquellos otros que se cimentan en aspectos físicos y químicos conocidos tan sólo de un modo superficial y fragmentario. Debe otorgarse primordial importancia a los argumentos basados en la dinámica newtoniana y en las leyes físicas de conservación. Aquellos otros que se apoyan, por ejemplo, en

propiedades características de las superficies planetarias, deben ser considerados como menos determinantes. Tras nuestro análisis se observará que las hipótesis de Velikovsky se encuentran con graves dificultades en ambos campos, aunque, repito una vez más, un grupo de dificultades es mucho menos determinante que el otro en vistas a formar nuestra opinión crítica sobre el asunto.

## PROBLEMA I

### EL LANZAMIENTO DE VENUS POR PARTE DE JÚPITER

Las hipótesis de Velikovsky toman como punto de arranque un evento jamás observado por ningún astrónomo y que entra en contradicción con buena parte de nuestros actuales conocimientos sobre la física de planetas y cometas, a saber la expulsión del seno de Júpiter, quizás a causa de un choque con otro planeta gigante, de un objeto de dimensiones planetarias. Los afelios (los puntos de la órbita de un cuerpo celeste situados a la mayor distancia posible del Sol) de los cometas con órbitas de período corto presentan una tendencia estadística a situarse en las proximidades de Júpiter. Laplace y otros astrónomos de su tiempo lanzaron la hipótesis de que Júpiter era la fuente emisora de tal tipo de cometas. Se trata de una hipótesis totalmente innecesaria ya que hoy en día sabemos que cualquier cometa con órbita de período largo puede entrar en trayectorias de período corto a causa de las perturbaciones de campo generadas por Júpiter. Desde hace uno o dos siglos tan sólo se ha mostrado partidario de la vieja hipótesis citada el astrónomo soviético V. S. Vsekhsviatsky, quien parece creer que las lunas de Júpiter arrojan cometas a través de enormes volcanes.

Para alejarse de Júpiter todo cometa debe poseer una energía cinética igual a  $\frac{1}{2} m v_e^2$ , donde  $m$  es la masa del cometa y  $v_e$  es su velocidad de escape de Júpiter, calculada en alrededor de 60 km/seg. Sea cual fuere el mecanismo de expulsión, vulcanismo o colisión, una fracción significativa de tal energía cinética, por lo menos un 10 % de la misma, se consumirá en calentar el cometa. La energía cinética mínima por unidad de masa expulsada es  $\frac{1}{2} v_e^2 = 1,3 \times 10^{13}$  ergios por gramo, y la cantidad de la misma que se disipa en forma de calor es superior a los  $2,5 \times 10^{12}$  ergios/g. El calor latente de fusión de las rocas es de alrededor de los  $4 \times 10^9$  ergios por gramo. Se trata del calor que debe aplicarse para convertir roca sólida llevada hasta muy cerca de su punto de fusión en lava líquida; para que una roca situada a bajas temperaturas alcance su punto de fusión es necesaria una energía de alrededor de los  $10^{11}$  ergios por gramo. En consecuencia, para que Júpiter expulse de su seno un cometa o un planeta deberá haber alcanzado obviamente una temperatura de varios miles de grados, en cuyo caso rocas, hielo y componentes orgánicos se habrán fundido por completo. Cabe incluso la posibilidad de que se hayan visto reducidos a una lluvia de pequeñas partículas de polvo y átomos autogravitantes, situación que por lo demás no describe con excesiva exactitud la naturaleza del planeta Venus. (Incidentalmente, he aquí lo que podría ser un buen argumento velikovskiano para explicar la elevada temperatura de la superficie de Venus, aunque como veremos más adelante no parece concederle importancia.)

Otro de los problemas que se plantea es que la velocidad de escape del campo gravitatorio solar de cualquier cuerpo ubicado en Júpiter es de alrededor de 20 km/seg. Por descontado, el mecanismo encargado de expulsar masas materiales de Júpiter debe ajustarse a esta insoslayable realidad. Si el cometa abandona Júpiter a velocidades inferiores a los 60 Km./seg., volverá a caer sobre el planeta, mientras que si lo hace a velocidad superior a  $[(20)^2 + (60)^2]^{1/2} = 63$  km/seg. escapará no sólo de Júpiter sino del propio sistema solar. Así pues, las velocidades compatibles con las hipótesis de Velikovsky se acumulan en un intervalo muy pequeño y, por tanto, altamente improbable.

Otro más de los problemas que se plantean es la enorme masa de Venus, superior a  $5 \times 10^{27}$  gramos, o quizás aún mayor por entonces, ya que según las hipótesis de Velikovsky en una primera fase la trayectoria de dicho planeta transcurría más próxima al Sol que hoy en

día. La energía cinética total necesaria para propulsar Venus a la velocidad que le permita abandonar el campo creado por Júpiter será, según un sencillo cálculo, del orden de los  $10^{41}$  ergios, cantidad equivalente a la energía total irradiada por el Sol durante un año y cien millones de veces superior a la fulguración solar más potente jamás observada. Por tanto, sin mayores pruebas ni discusión, nos vemos solicitados a creer en un fenómeno de eyección en el que entra en Juego una energía enormemente superior, a la desplegada en cualquier fenómeno solar, y ello cuando Júpiter es un almacén energético muy inferior al Sol.

Todo proceso que genera objetos de gran tamaño también Produce otros más pequeños, especialmente cuando se trata de colisiones como en el caso que nos ocupa. Nuestros conocimientos sobre las leyes físicas que regirán la pulverización ulterior al choque son bastante precisos, y nos permiten afirmar que, por ejemplo, partículas de un tamaño diez veces inferior al de la mayor de las generadas serán cien, o incluso mil veces más numerosas. Por supuesto, Velikovsky sostiene la aparición de una lluvia de piedras como secuela de sus pretendidos encuentros planetarios, e imagina a Venus y Marte arrastrando tras de sí un auténtico enjambre de enormes guijarros; la cohorte de Marte habría sido, por lo demás, la responsable de la destrucción de los ejércitos de Senaquerib. Dando por sentada la veracidad de tales hipótesis, es decir, si tan sólo unos miles de años atrás nuestro planeta tuvo cuasi-colisiones con otros objetos celestes de masa similar a la nuestra, es indudable que hasta hace escasos siglos hemos sido bombardeados con objetos de masa similar a la de nuestra luna y que la caída sobre nuestro planeta de masas susceptibles de abrir cráteres de un diámetro de un par de kilómetros es un fenómeno poco menos que cotidiano. Sin embargo, tanto en la Tierra como en la Luna no detectamos rastros de colisiones recientes y frecuentes con objetos de características como las reseñadas en último lugar. Los escasos objetos celestes que a modo de población prácticamente estable se mueven en órbitas que pudieran llevarles a chocar con la Luna nos permiten explicar a la perfección, siempre que nos remontemos más allá de la cronología geológica, los cráteres que actualmente observamos en la superficie lunar. La ausencia de un populoso enjambre de pequeños objetos celestes que se muevan cruzando la órbita terrestre es otra objeción fundamental a las tesis centrales de Velikovsky.

## PROBLEMA II

### REITERADAS COLISIONES ENTRE LA TIERRA, VENUS y MARTE

«Nada hay de absurdo en la idea de que un cometa pueda colisionar con nuestro planeta, aunque es algo ciertamente poco probable» (p. 40). Se trata de una afirmación esencialmente correcta. El problema a resolver es el cálculo preciso de la probabilidad de que se produzcan tales choques, extremo que desgraciadamente Velikovsky deja sin resolver.

No obstante, la física que rige tales fenómenos es por fortuna extremadamente simple, de modo que se puede calcular el orden de magnitud del número de choques prescindiendo incluso de toda consideración de carácter gravitatorio. Los objetos celestes que se mueven según órbitas marcadamente excéntricas y se trasladan desde las proximidades de Júpiter a las de la Tierra lo hacen a velocidad tan extraordinariamente alta que la atracción gravitacional mutua que se ejerce entre ellos y los eventuales objetivos de choque desempeña un papel negligente en la determinación de su trayectoria. En el Apéndice 1 se calcula la probabilidad de que se produzcan el tipo de colisiones que nos ocupa, y puede verse que un «cometa» cuyo afelio (punto más alejado del Sol) se halle cerca de la órbita de Júpiter y cuyo perihelio (punto más cercano al Sol) esté situado dentro de la órbita de Venus no tardará menos de 30 millones de años en colisionar con la Tierra. En este mismo apéndice se deduce que si el objeto celeste en cuestión no es un ente aislado sino que forma parte de la familia de cuerpos celestes que, de acuerdo con nuestras observaciones, se mueven a lo largo de las trayectorias indicadas, el tiempo que tardará en llegar hasta nosotros es superior a la edad misma del sistema solar.

Tomemos como referencia la cifra de 30 millones de años para que las hipótesis de Velikovsky tengan el mayor sesgo cuantitativo posible a su favor. La probabilidad de que la Tierra colisione con algún cuerpo celeste dentro de un determinado año es de 1 sobre  $3 \times 10^7$ ; la probabilidad de que lo haga dentro de un milenio concreto, será de 1 sobre 30.000. No obstante, Velikovsky no habla de una, sino de cinco o seis cuasi-colisiones (véase, por ejemplo, p. 388) entre Venus, Marte y la Tierra. Tales colisiones parecen contemplarse como fenómenos estadísticamente independientes, es decir que, de acuerdo con el relato de Velikovsky, no parece existir una serie regular de roces que venga determinada por los períodos orbitales respectivos de los tres planetas. (Si existiese tal intervencionalidad, cabría la posibilidad de interrogarnos acerca de la probabilidad de que se diera tan notable jugada dentro del billar planetario ateniéndonos a las constricciones temporales postuladas por Velikovsky.) Si las probabilidades de choque son independientes entre sí, la probabilidad conjunta de que se produzcan cinco de tales encuentros dentro de un mismo milenio será en el caso más simplificado, de  $(3 \times 10^7 / 10^3)^{-5} = (3 \times 10^4)^{-5} = 4,1 \times 10^{-23}$ , es decir, una probabilidad de 1 sobre alrededor de 100.000 trillones. Para el caso de seis choques dentro de un mismo milenio, la probabilidad será  $(3 \times 10^7 / 10^3)^{-6} = (3 \times 10^4)^{-6} = 7,3 \times 10^{-28}$ , es decir, desciende hasta el orden de 1 sobre 70.000 cuatrillones. Desde luego, se trata de los Límites inferiores de probabilidad, tanto por la razón apuntada líneas más arriba como por el hecho de que, ante un eventual encuentro con Júpiter, lo más probable es que el cuerpo que chocara con él se viera expulsado irremisiblemente del sistema solar, de modo equivalente a cuanto ha sucedido con el ingenio espacial Pioneer 10. Las probabilidades reseñadas constituyen una calibración adecuada de la validez de las hipótesis de Velikovsky, sin contar, claro está, que se presentan bastantes más problemas que los reseñados hasta ahora. Las hipótesis con tan escasísima probabilidad favorable suelen considerarse insostenibles. Al tomar en cuenta los problemas mencionados en el epígrafe precedente y los que se exponen a continuación, la probabilidad de que la tesis sostenida en *Worlds in Collision* sea correcta se torna prácticamente nula.

### PROBLEMA III

#### LA ROTACIÓN DE LA TIERRA

Buena parte de las airadas protestas que levantara *Worlds in Collision* parece tener su origen en la interpretación que ofrece Velikovsky de la historia de Josué y demás leyendas similares, según las cuales en cierta ocasión la Tierra detuvo su finisecular movimiento de rotación. La imagen del fenómeno que parecen estar pensando los más violentos detractores de Velikovsky sería la que puede contemplarse en la versión cinematográfica del relato de H. G. Wells titulado «El hombre que podía hacer milagros»; La Tierra detiene milagrosamente su rotación pero, a causa de un descuido, no se toman precauciones previsoras sobre los objetos no anclados solidariamente a la superficie del planeta, de manera que siguen moviéndose como de costumbre y, en consecuencia, abandonan la Tierra a una velocidad de alrededor de los 1.650 kilómetros por hora. No obstante, es inmediato constatar (Apéndice 2) que una deceleración gradual de un orden aproximado de  $10^{-2}$  g, puede producirse en un período de tiempo muy inferior a las 24 horas, por tanto, no saldría nada volando por los aires y seguirían conservándose a la perfección incluso las estalactitas y otras delicadas formaciones geomorfológicas similares. Asimismo, en el ya citado Apéndice 2 se demuestra que la energía necesaria para detener la rotación terrestre no sería suficiente como para provocar la fusión del planeta, aunque tal aportación energética sí iba a traducirse en un incremento de la temperatura perfectamente apreciable; el agua de los océanos alcanzaría su punto de ebullición, fenómeno que parecen haber pasado por alto todas las antiguas fuentes citadas por Velikovsky.

Con todo, no son éstas las objeciones más serias que cabe plantear a la exégesis que nos ofrece Velikovsky del relato bíblico de Josué. El problema más serio quizá se ubique en el otro extremo del relato. Más exactamente: ¿cómo pudo la Tierra emprender de nuevo su movimiento de rotación a una velocidad de giro aproximadamente idéntica? Desde luego, no pudo hacerlo por sí sola a causa de la ley de conservación del momento angular. Y sin embargo, Velikovsky ni siquiera parece haberse percatado de que ahí había un problema, y no pequeño, a resolver.

No hay la menor alusión a que el «paro» de la Tierra a causa de una colisión planetaria es muchísimo menos probable que cualquier otra modificación en su movimiento de rotación. De hecho, la posibilidad de que la Tierra anulara su movimiento angular de rotación a causa de una cuasi-colisión con un cometa es mínima. Por lo demás, la de que sucesivas colisiones pusieran nuevamente en movimiento el planeta haciéndole completar una revolución cada veinticuatro horas es enormemente menor.

Velikovsky no es nada preciso al hablarnos del supuesto mecanismo que pudo detener la rotación terrestre. Quizá fuera la acción de las mareas generadas por un campo gravitatorio, quizá la de un campo magnético. Tanto uno como otro tipo de campos generan fuerzas que decrecen de forma tremendamente rápida con la distancia. Mientras la gravitación decrece de forma inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, la acción de las mareas lo hace según el inverso del cubo de la misma, y la combinación de uno y otras lo hace de acuerdo con el inverso de su sexta potencia. El campo creado por un dipolo magnético decrece de forma inversamente proporcional al cubo de la distancia y toda marea generada por un campo magnético disminuye mucho más rápidamente que la que tiene su origen en una acción gravitatoria. Sea como fuere, el efecto responsable del frenado actúa casi exclusivamente mientras la distancia entre los cuerpos cuasi-colisionantes es mínima. El tiempo característico o período en que pervive esta máxima proximidad, y por tanto máxima acción mutua, es obviamente  $2R/v$ , donde  $R$  es el radio de la Tierra y  $v$  la velocidad relativa del cometa con respecto a la Tierra. Suponiendo una  $v$  de 25 km/s, el tiempo característico durante el que actúan las fuerzas de frenado de forma eficaz resulta ser de unos diez minutos a lo sumo. La aceleración correspondiente es inferior a 0,1 g, de modo que los ejércitos aún no pueden ser arrojados al espacio sideral. Pero por otro lado, el tiempo característico para la propagación acústica de un fenómeno sobre la Tierra -el tiempo mínimo para que una determinada influencia externa se haga sentir en todo el planeta- es de unos ochenta y cinco minutos. En consecuencia, ni aunque llegara a producirse un roce efectivo entre el cometa y nuestro planeta sería posible en absoluto que el Sol se detuviera sobre Gibeón por mera influencia del paso del cometa.

Se hace realmente difícil seguir el relato de Velikovsky sobre la historia de la rotación de nuestro planeta. En la página 236 se nos habla del movimiento del Sol en los cielos de un modo que, por casualidad, se ajusta tanto en su salida como en su movimiento aparente a como pueda observarse desde la superficie de Mercurio, no desde la de la Tierra. En la página 385 detectamos algo similar a un intento de retirada en toda la línea por parte de Velikovsky, pues nos sugiere que lo sucedido en realidad no fue una modificación en la velocidad angular de la rotación terrestre, sino más bien que durante unas pocas horas el vector que nos representa el momento angular de la Tierra dejó de mantener una inclinación aproximada de  $90^\circ$  con respecto al plano de la eclíptica, como la que tiene en la actualidad, para apuntar directamente al Sol, como sucede en el caso del planeta Urano. Aparte de los graves problemas físicos que plantea admitir tal sugerencia, se trata de un supuesto que entra en flagrante contradicción con las hipótesis precedentes de Velikovsky, ya que, de acuerdo con las mismas, en páginas precedentes ha dado una enorme relevancia al hecho de que en las culturas euroasiáticas y del próximo Oriente quedase registro de una prolongación del día mientras que las culturas norteamericanas hablaban de un alargamiento de la noche. Desde tal perspectiva, no existiría explicación a las informaciones recogidas en México. Creo pues que en este punto deja de lado o en el olvido sus propios argumentos validadores extraídos de los escritos de la antigüedad. En la página 386 nos enfrentamos con un argumento de orden cualitativo, que no vuelve a aparecer por parte alguna, según el cual la Tierra bien pudo haberse detenido por la acción de un campo magnético de gran intensidad. No se menciona en absoluto la intensidad de dicho campo, pero (véanse los cálculos del Apéndice 4) no cabe otra posibilidad que la de que haya sido enorme. No existe el menor indicio en las rocas terrestres de que jamás se hayan visto sometidas a efectos magnetizadores de tan enorme intensidad y, hecho asimismo de fundamental importancia, tenemos pruebas irrefutables, obtenidas por medio de los ingenios espaciales americanos y soviéticos, de que la intensidad del campo magnético de Venus es prácticamente despreciable -muy inferior a los 0,5 gauss que se detectan en la propia superficie terrestre en razón de su propio campo, por lo demás a todas luces insuficiente para dar sostén a las tesis de Velikovsky.

## PROBLEMA IV

### GEOLOGÍA TERRESTRE Y CRÁTERES LUNARES

De forma perfectamente razonable, Velikovsky sostiene que una cuasi-colisión de la Tierra con otro planeta debe haber tenido consecuencias dramáticas para nosotros, ya sea a causa de la acción de fuerzas gravitatorias, eléctricas o magnéticas; en este aspecto Velikovsky no acaba de definirse con un mínimo de claridad. Velikovsky sostiene (páginas 96 y 97) «que en tiempos del Éxodo, cuando nuestro mundo se vio violentamente sacudido y bombardeado... todos los volcanes empezaron a vomitar lava y todos los continentes se agitaron por acción de los terremotos». (El subrayado es mío.)

Pocas dudas hay de que las cuasi-colisiones postuladas por Velikovsky debieron ir acompañadas de fuertes fenómenos sísmicos. Los sismómetros lunares del Apolo han detectado que, en nuestro satélite, los movimientos sísmicos son más abundantes durante el perigeo lunar, cuando la Tierra y la Luna están más próximos entre sí, y que parecen detectarse indicios de que en tal fase también se producen temblores geológicos sobre nuestro propio planeta. No obstante, la suposición de que en alguna época pretérita «todos los volcanes» terrestres entraran en actividad y se generaran amplias y generalizadas corrientes de lava ya es harina de otro costal. No hay dificultad alguna en establecer una cronología de las lavas volcánicas, y lo que debiera ofrecernos Velikovsky es un histograma del número de corrientes de lava emergidas sobre nuestro planeta en función del tiempo. Creo que dicho histograma pondría de manifiesto que no todos los volcanes terrestres se mantuvieron en actividad entre el 1500 y el 600 antes de nuestra era. Es más, durante dicho período nada hay de especialmente reseñable acerca del vulcanismo terrestre.

Velikovsky cree (página 115) que la aproximación de cometas a nosotros genera una inversión del campo geomagnético. Sin embargo, los datos recogidos en rocas magnetizadas son concluyentes al respecto; las inversiones del campo geomagnético se producen en intervalos de millones de años, no en los últimos milenios, y se presentan con una regularidad que casi cabría calificar de cronométrica. ¿Acaso existe en Júpiter un reloj que proyecta cometas hacia la Tierra cada tantos millones de años? El punto de vista convencional sobre este tema es que la Tierra experimenta una inversión de polaridad de la dinamo que genera el campo magnético terrestre, en cuya génesis no interviene ningún elemento exterior a nuestro planeta. No cabe duda de que se trata de una explicación bastante más verosímil.

La afirmación de Velikovsky de que la génesis de las montañas terrestres se produjo hace tan sólo unos pocos milenios se ve desmentida por todas las pruebas geológicas a nuestra disposición, de acuerdo con las cuales los orígenes de las elevaciones de nuestro planeta se sitúan decenas de millones de años atrás. La idea de que los mamuts quedaran sometidos a una profunda congelación a causa de un rápido movimiento del polo geográfico terrestre acaecido hace unos pocos milenios de años necesita ser verificada (por ejemplo recurriendo al carbono-14 o a la datación de aminoácidos por racemización), y ciertamente me llevaría una gran sorpresa si de tales verificaciones se desprendiera que tuvo lugar en época muy reciente.

Velikovsky cree que la Luna se vio influenciada por las catástrofes que sobrevinieron en nuestro planeta y que unos pocos milenios atrás sufrió eventos tectónicos similares en su superficie responsables de la génesis de buena parte de los cráteres que hoy presenta (véase Parte II, capítulo 9). Esta suposición también presenta algunos problemas en su contra. Las muestras de la superficie lunar recogidas en las distintas misiones Apollo no contenían rocas de fusión formadas en épocas tan recientes, remontándose su antigüedad a unos pocos cientos de millones de años atrás.

Por otro lado, si hace unos 2.700 a 3.500 años se formaron abundantes cráteres en la Luna debió existir una producción similar de tales cráteres en nuestro planeta en este mismo período con un diámetro no inferior al kilómetro. La erosión existente en la superficie terrestre no explica la desaparición de todo cráter de este tipo en un lapso de veintisiete

siglos. Pues bien, no existe un gran número de cráteres terrestres de tales características y edad; para ser más exactos, no existe ni uno solo. Sobre estos puntos Velikovsky parece haber ignorado toda prueba crítica, pues al examinar los datos fehacientes a nuestra disposición sus hipótesis quedan clara y rotundamente invalidadas.

Velikovsky cree que al pasar Venus o Marte muy cerca de la Tierra deben haberse producido olas de varios kilómetros de altura (páginas 70 y 71). De hecho, si jamás, como parece pensar Velikovsky, tales planetas pasaron a unas decenas de miles de kilómetros del nuestro las mareas producidas sobre la Tierra tanto de agua como de material sólido, tuvieron que alcanzar una altura de cientos de kilómetros. Se trata de un dato fácilmente calculable a partir de la elevación que alcanzan las mareas lunares en la actualidad, proporcional a la masa del cuerpo generador de las mismas e inversamente proporcional al cubo de la distancia. Por cuanto me es dado conocer, no existe la menor evidencia geológica de una inundación global de nuestro planeta en ningún momento situada entre quince y seis siglos antes de nuestra era. Si se hubiera producido tan gigantesca inundación, aunque hubiese sido de breve duración, quedaría algún claro registro geológico del singular fenómeno. ¿Qué decir de los restos arqueológicos y paleontológicos? ¿Dónde están las pruebas de una extinción generalizada de la fauna en tal época como resultado de la gigantesca inundación? ¿Dónde las pruebas de fenómenos de fusión en las proximidades de los puntos que sufrieron con mayor intensidad los efectos de las espeluznantes mareas?

## PROBLEMA V

### QUÍMICA Y BIOLOGÍA DE LOS PLANETAS TERRESTRES

Las tesis de Velikovsky tienen algunas consecuencias peculiares de orden químico y biológico, producto de algunas confusiones de bulto en asuntos bastante simples. Por ejemplo, parece ignorar (página 16) que el oxígeno se produce en nuestro planeta como resultado del proceso de fotosíntesis de las plantas verdes. Tampoco se percata de que Júpiter está básicamente compuesto por hidrógeno y helio, mientras que la atmósfera de Venus, que según él no es más que una masa desgajada de Júpiter, está formada en su práctica totalidad por dióxido de carbono. Se trata de puntos básicos para su argumentación, que en consecuencia queda claramente entredicho. Velikovsky sostiene que el maná caído desde los cielos sobre la península del Sinaí tenía origen cometario, lo que equivale a afirmar que tanto en Júpiter como en Venus existe gran abundancia de hidratos de carbono. Por otro lado, cita numerosas fuentes según las cuales debió caer de los cielos en épocas pretéritas una verdadera lluvia de fuego y nafta, que se interpreta como una suerte de petróleo celestial en ignición desde el momento mismo en que entró en contacto con la oxidante atmósfera terrestre (páginas 53 a 58). Velikovsky cree en la realidad e identidad de ambos grupos de fenómenos, de ahí que en su texto se despliegue y mantenga una extraña confusión entre hidratos de carbono e hidrocarburos. En algunos pasajes de su libro parece lanzar la hipótesis de que durante su errabunda travesía del desierto a lo largo de cuarenta años más que de alimento divino los israelitas se sustentaron con aceite lubricante para motores.

La lectura del texto se complica todavía más cuando parece establecer la conclusión (página 366) de que los casquetes polares de Marte estaban compuestos por maná, ya que de un modo en extremo ambiguo se les describe como «de naturaleza probablemente similar a la del carbono». Los hidratos de carbono presentan una absorción en la banda de los infrarrojos de 3,5 micras muy característica, que tiene como causa la enérgica vibración existente entre los enlaces carbono-hidrógeno. No obstante, en los espectros infrarrojos de los casquetes polares marcianos obtenidos por los ingenios espaciales Mariner 6 y 7 en 1969 no se detecta la menor traza de la reseñada característica. Por otro lado, los ingenios Mariner 6, 7 y 9 y los Viking 1 y 2 han aportado abundantes y concluyentes pruebas sobre la auténtica naturaleza de los casquetes polares marcianos: agua y dióxido de carbono congelados.

Se hace difícil comprender la insistencia de Velikovsky en el origen celestial del petróleo. Algunas de sus fuentes, por ejemplo Herodoto, proporcionan descripciones perfectamente



naturales de la combustión de petróleo aflorado hasta la superficie terrestre en zonas de Mesopotamia e Irán. Como señala el propio Velikovsky (páginas 55 y 56), las leyendas sobre lluvias de fuego y nafta tienen como origen aquellas regiones de nuestro planeta en las que existen depósitos naturales de petróleo. Por tanto hay una explicación franca y lisamente terrestre para tal tipo de relatos. La cantidad de petróleo filtrado hacia las entrañas de la Tierra en 2700 años no puede haber sido demasiado grande. Las dificultades que existen hoy en día para extraer petróleo, causa de algunos importantes problemas prácticos de nuestra época, se verían ciertamente paliadas de ser cierta la hipótesis de Velikovsky. Asimismo, partiendo de tales hipótesis es difícilmente explicable que, bajado de los cielos hace unos 3.500 años escasos, el petróleo se encuentre en depósitos íntimamente mezclado con fósiles químicos y biológicos cuya existencia se remonta a miles de millones de años atrás. No obstante, este último punto queda fácilmente explicado si, como han concluido la mayoría de geólogos, se postula como origen del petróleo la descomposición de la vegetación del carbonífero y otras eras geológicas anteriores, y no los cometas.

Más extraños aún son los puntos de vista de Velikovsky sobre la vida extraterrestre. Velikovsky cree que buena parte de los «malos bichos» que pueblan nuestro planeta, y en particular las moscas de las que se habla en el Éxodo, cayeron de su cometa. Aunque no se compromete explícitamente a favor de un origen extraterrestre de las ranas, lo hace de modo implícito al citar un texto persa, los Bundahis (página 183), donde parece admitirse una lluvia de ranas cósmicas. Pero limitémonos a considerar la cuestión de las moscas. ¿Debemos esperar en próximas exploraciones de las nubes de Venus y Júpiter el hallazgo de moscas domésticas o de ejemplares de la *Drosophila melanogaster*? Al respecto Velikovsky es totalmente explícito: «Venus -y probablemente también Júpiter- está poblado de bichos» (página 369). ¿Se derrumbarían las hipótesis de Velikovsky si no encontramos ni una mosca?

La idea de que de entre todos los organismos de nuestro planeta el único que posee un origen extraterrestre es la mosca constituye una curiosa reminiscencia de la encolerizada conclusión de Martín Lutero, para quien, mientras todos los demás seres vivos fueron creados por Dios, las moscas salieron de manos del Diablo ya que no son de la menor utilidad. No obstante, las moscas son insectos tan respetables como cualquier otro, con una anatomía, una fisiología y una bioquímica estrechamente vinculadas a las de todos sus demás congéneres. La posibilidad de que 4.600 millones de años de evolución independiente sobre Júpiter -aun cuando se tratara de un planeta de constitución idéntica al nuestro- haya llegado a producir una criatura indiscernible de otros organismos terrestres equivale a interpretar de forma harto errónea el proceso evolutivo. Las moscas poseen los mismos enzimas, los mismos ácidos nucleicos e incluso el mismo código genético (encargado de convertir la información almacenada en los ácidos nucleicos en información proteínica) que todos los demás organismos terrestres. Existen demasiadas vinculaciones e identidades entre las moscas y otros organismos terrestres como para que puedan tener orígenes inconexos, y ello nos lo pone de manifiesto todo análisis mínimamente serio del asunto.

En el capítulo noveno del Éxodo se nos dice que pereció todo el ganado de Egipto mientras que no hubo ni una sola baja entre el de los Hijos de Israel. En este mismo capítulo se nos habla de una plaga que afectó al heno y la cebada, si bien se mantuvieron sanos y salvos trigo y centeno. Esta especificidad y finura selectiva entre las huestes parasitarias es realmente extraña para alimañas cometarias sin ningún contacto biológico previo con la Tierra, mientras que resulta fácilmente explicable en términos de bichos domésticos terrestres.

Una curiosa particularidad de las moscas es su capacidad para metabolizar oxígeno molecular. En Júpiter no hay oxígeno molecular, ni puede haberlo, pues el oxígeno es termodinámicamente inestable en una atmósfera que contenga grandes cantidades de hidrógeno. ¿Acaso hemos de suponer que todo el mecanismo de transferencia de electrones terminales que precisan los seres vivos para asimilar el oxígeno molecular fue desarrollado accidentalmente por los organismos de Júpiter a la espera de que con el tiempo fuesen trasladados hasta la Tierra? Realmente se trataría de un milagro aún mayor que el que

presupone el puntual cumplimiento de las tesis fundamentales de Velikovsky acerca de las colisiones entre cuerpos celestes. Velikovsky nos habla de forma colateral y defectuosa (página 187) sobre la «habilidad de muchos pequeños insectos... para vivir en una atmósfera desprovista de oxígeno», lo que nos demuestra que no acaba de comprender con exactitud cuál es el verdadero problema. El interrogante a resolver es cómo un organismo evolucionado en Júpiter puede vivir y desarrollar su metabolismo en una atmósfera rica en oxígeno.

Otro de los problemas que se plantea de forma inmediata es el de la supervivencia de las moscas extraterrestres al incorporarse a nuestro planeta. Las moscas tienen un tamaño y dimensiones muy similares a los pequeños meteoritos. Estos últimos, al penetrar en la atmósfera terrestre siguiendo las trayectorias de los cometas, arden total e irremisiblemente. Lógicamente, al entrar en el seno de la atmósfera de nuestro planeta las alimañas de origen extraterrestre arderán asimismo por entero, y no sólo eso, sino que al igual que sucede actualmente con los meteoritos generados por los cometas, todo bicho exterior se vaporizará de inmediato en átomos. De ahí la imposibilidad práctica de que en tiempos pretéritos Egipto pudiera verse asolado por «enjambres» de alimañas para consternación de su faraón. Por lo demás, las temperaturas desarrolladas en el proceso de eyección por parte de Júpiter de una gran masa cometaria a las que nos hemos referido anteriormente tuvieron forzosamente que achicharrar las moscas de Velikovsky. En consecuencia, las hipotéticas moscas de origen cometario, abrasadas al tiempo que atomizadas, no tuvieron la menor posibilidad de incorporarse a nuestro mundo terrestre.

Por último, el texto de Velikovsky encierra una curiosa referencia a la vida extra terrestre dotada de inteligencia. En la página 364 sostiene que las cuasi-colisiones de Marte con la Tierra y Venus «hicieron altamente improbable la supervivencia de toda forma de vida en una avanzada fase de desarrollo sobre Marte, en el supuesto de que existiera allí algo de tal tipo». Sin embargo, cuando examinamos Marte con cierto detalle, tal como han tenido oportunidad de hacerlo los ingenios espaciales Mariner 9 y los Viking 1 y 2, se observa que aproximadamente una tercera parte del planeta tiene una superficie punteada por cráteres bastante similar a la de la Luna y no presenta otro signo de catástrofes espectaculares que los antiguos impactos que crearon sus cráteres. La mitad de las dos terceras partes restantes del planeta casi no muestra rastro alguno de tal tipo de impactos, aunque sí nos indica que unos mil millones de años atrás debió verse sometida a una tremenda actividad tectónica con abundantes corrientes de lava y fenómenos de vulcanismo. Los pocos pero innegables impactos creadores de cráteres en esta última zona nos muestran fuera de toda duda que se produjeron en época enormemente anterior a unos pocos siglos atrás. No hay forma alguna de reconciliar esta descripción con la idea de un planeta sometido en épocas recientes a catástrofes de tal alcance que eliminaran de su superficie todo vestigio de vida inteligente. Por lo demás, se hace prácticamente imposible encontrar razones que justifiquen una desaparición tan radical de toda brizna de vida en Marte mientras ésta seguía perdurando sobre la Tierra.

## PROBLEMA VI

### EL MANÁ

Maná, de acuerdo con la etimología que nos ofrece el propio Éxodo, deriva de las palabras hebreas man-hu, expresión que significa: «¿Qué es eso?» ¡He aquí una buena pregunta! La idea de una lluvia de alimentos caída desde cometas no está demasiado bien planteada. La espectroscopia óptica de las colas de los cometas, aun antes de que se publicase *Worlds in Collision* (1950), puso de manifiesto la presencia en las mismas de hidrocarburos, pero no la de aldehídos, los sillares elementales que conforman los hidratos de carbono. Nada impide, sin embargo, que tales compuestos estuvieran presentes en los cometas. Con todo, el paso del cometa Kohoutek por las proximidades de la Tierra permitió descubrir que los cometas albergan grandes cantidades de nitrilos simples, en particular cianuro de hidrógeno y metilcianuro. Se trata de compuestos venenosos, lo que nos lleva a albergar serias dudas acerca de la comestibilidad de los cometas.

Pero dejemos de lado esta objeción, demos beligerancia a la hipótesis de Velikovsky y calculemos sus consecuencias. ¿Cuánto maná fue necesario para alimentar a los cientos de miles de Hijos de Israel durante cuarenta años? (véase Éxodo, capítulo 16, versículo 35).

En el vigésimo versículo del capítulo 16 del Éxodo leemos que el maná caído durante la noche quedaba completamente infestado de gusanos a la mañana siguiente, suceso perfectamente posible con los hidratos de carbono pero extremadamente improbable en el caso de los hidrocarburos. Siempre cabe la posibilidad de que Moisés fuera mejor químico que Velikovsky. Las anteriores indicaciones ponen de manifiesto la imposibilidad de almacenar el maná, y por tanto debió caer diariamente desde los cielos durante cuarenta años según indica el relato bíblico. Podemos, pues, admitir que la cantidad de alimento caído cada día era la justa para paliar las necesidades de los hebreos errantes, aunque en la página 138 Velikovsky nos asegura que según fuentes midrásicas la cantidad de maná caída desde lo alto hubiera bastado para alimentarlos, no cuarenta, sino dos mil años. Supongamos que cada israelita ingería aproximadamente un tercio de kilogramo de maná diario, cantidad ligeramente inferior a la dieta de estricta subsistencia. En tal caso, cada individuo necesitó 100 kilogramos anuales, es decir unos 4.000 a lo largo de los cuarenta años que perduró el éxodo bíblico. Si nos atenemos a la cifra señalada explícitamente en el Éxodo de cientos de miles de israelitas, para culminar su travesía del desierto debieron consumir globalmente alrededor del millón de kilos de maná durante los cuarenta años. Es de todo punto inverosímil que cada día cayeran sobre nuestro planeta desechos de la cola de un determinado cometa (\*), y más si se considera que el fenómeno debía producirse preferentemente sobre aquella zona del desierto del pecado por la que erraban en ese justo momento los israelitas. Se trataría de una situación tan milagrosa o más que la literalmente recogida en el relato bíblico. El área ocupada por unos pocos cientos de miles de individuos errantes bajo un único y común liderazgo es, en términos aproximados, unas pocas diezmillonésimas de la superficie total del planeta. Por consiguiente, durante los cuarenta años de peregrinación deben haberse acumulado sobre la Tierra varios miles de billones de kilogramos de maná, cantidad más que suficiente para cubrir por completo el planeta con una capa de maná de un espesor aproximado de 3 centímetros. De haber sucedido, nos encontramos ante un fenómeno indudablemente asombroso, un fenómeno con el que explicar incluso la existencia de la casa de chocolate de Hansel y Gretel.

--

(\*)

Lo que dice el Éxodo es que el maná caía cada día excepto el sábado, y por ello el viernes caía una doble ración (no infestada de gusanos). Pero esto choca con la hipótesis de Velikovsky, porque, ¿cómo podía saberlo el cometa? En realidad, esto nos lleva a un problema más general relativo al método histórico de este autor. Algunas citas de sus fuentes histórico-religiosas deben tomarse literalmente, pero otras tienen que desecharse forzosamente. Entonces, ¿en base a qué criterio tomamos esta decisión? Lo que está claro es que dicho criterio debe estar al margen de nuestra actitud y nuestra predisposición respecto a las tesis de Velikovsky.

--

Por otro lado, no hay razón alguna que nos impulse a suponer que el maná se limitó a caer sobre la Tierra. Sin salir del marco fijado por el sistema solar interior, la cola del cometa debió recorrer en estos cuarenta años no menos de  $10^{10}$  kilómetros. Aun estableciendo una estimación modesta acerca de la razón existente entre el volumen de la Tierra y el de la cola del cometa, fácil es deducir que la masa de maná distribuida a lo largo y ancho del sistema solar interior a causa del fenómeno que nos ocupa no estaría por debajo de los  $10^{28}$  gramos. Se trata de una masa superior en varios órdenes de magnitud al mayor de los cometas conocidos; más aún, se trata de una masa superior a la del mismo planeta Venus. Sin embargo, los cometas no pueden estar exclusivamente compuestos por maná. Es más, por cuanto sabemos hasta el momento, jamás ha sido detectado maná en ningún cometa. Sabemos con certeza que los cometas están básicamente compuestos de hielo, y una

estimación sin duda prudente de la razón entre la masa total del cometa y la masa de maná es bastante superior a  $10^3$ . Así pues, la masa del cometa encargado de alimentar a los israelitas debió ser con mucho superior a  $10^{31}$  gramos. Ésta es la masa de Júpiter. Si aceptáramos la fuente midrásica citada por Velikovsky a que hemos hecho referencia en líneas precedentes, llegaríamos a la conclusión de que el cometa tuvo una masa comparable a la del Sol. De ser así, hoy en día el espacio interestelar perteneciente al sistema solar interior aún estaría lleno de maná. Dejo al arbitrio del lector la extracción de consecuencias acerca de la validez de las hipótesis de Velikovsky a la luz de los cálculos expuestos.

## PROBLEMA VII

### LAS NUBES DE VENUS

El pronóstico de Velikovsky acerca de la constitución de las nubes de Venus, según el cual estarían formadas por hidrocarburos o hidratos de carbono, ha sido pregonado no pocas veces como un excelente ejemplo de predicción científica acertada. Partiendo de las tesis generales de Velikovsky y de los cálculos que acabamos de establecer, es innegable que Venus debió estar saturado de maná, un determinado hidrato de carbono. Velikovsky afirma (página x) que «la presencia de gases y polvo de hidrocarburos en las nubes que envuelven Venus constituirán un banco de pruebas crucial» para sus tesis. En citas sucesivas no queda demasiado claro si al hablar de «polvo» se refiere a hidratos de carbono o a simples silicatos. En esta misma página Velikovsky se cita a sí mismo afirmando que «en base a tales investigaciones, postula que Venus debe ser un planeta rico en gases de petróleo», palabras que cabe considerar como una referencia muy concreta a los diversos componentes del gas natural, entre ellos metano, etano, etileno y acetileno.

En este punto creo interesante entrelazar nuestro relato con una breve historia. En la década de los 30 del presente siglo y a comienzos de los 40 el único astrónomo del mundo que se ocupaba de investigar la química de los planetas era el difunto Rupert Wildt, profesor en Gottingen y posteriormente en Yale. Wildt fue el primer investigador en detectar e identificar metano en las atmósferas de Júpiter y Saturno, y asimismo también fue el primero en postular la presencia de gases de hidrocarburos más complejos en dichas atmósferas. Por tanto, la idea de que puedan existir «gases de petróleo» en Júpiter no es original de Velikovsky. De modo similar, fue también Wildt quien lanzó la hipótesis de que uno de los elementos integrantes de la atmósfera venusiana podía ser el formaldehído, indicando asimismo que las nubes que rodean Venus quizás estuviesen compuestas por un hidrato de carbono creado por polimerización del ya citado formaldehído. Por tanto, tampoco corresponde a Velikovsky la primacía en la hipótesis de que pueden hallarse hidratos de carbono en las nubes que envuelven Venus, y se hace difícil creer que alguien que se ocupó tan a conciencia de la literatura astronómica de las décadas señaladas como Velikovsky desconociera estos trabajos de Wildt, mucho más teniendo en cuenta que los temas abordados desempeñaban un papel tan central en su obra. No obstante, no existe la menor mención al trabajo de Wildt sobre Júpiter y sólo encontramos una simple nota a pie de página sobre el tema del formaldehído (página 368), sin la menor referencia y sin indicar en ningún momento que Wildt había postulado la existencia de hidratos de carbono en Venus. Wildt, a diferencia de Velikovsky, comprendía a la perfección la diferencia entre hidrocarburos e hidratos de carbono. Tras no obtener resultados positivos de una serie de investigaciones espectroscópicas en las proximidades de la banda de radiaciones ultravioleta con objeto de detectar el formaldehído, en el año 1942 decidió abandonar su hipótesis. Por su parte, Velikovsky siguió defendiéndola.

Como señalé hace ya unos años (Sagan, 1961), la presión de vapor de los hidrocarburos simples ubicados en las proximidades de las nubes venusianas debería hacerlos detectables en las nubes mismas. Por entonces no hubo forma de detectarlos, y en los años siguientes, a pesar de la amplísima gama de técnicas analíticas utilizadas, no se consiguió detectar en la envoltura gaseosa de Venus ni hidrocarburos ni hidratos de carbono. Se buscó el tipo de compuestos señalado mediante técnicas de espectroscopia óptica de alta resolución con el instrumental situado en laboratorios terrestres, incluso con ayuda de la técnica matemática

conocida como transformadas de Fourier; también se utilizó en tales investigaciones la espectroscopia ultravioleta con el utillaje al efecto instalado en el observatorio astronómico orbital OAO-2; otros medios utilizados fueron las radiaciones infrarrojas emitidas desde la Tierra y sondas soviéticas y norteamericanas enviadas a la propia atmósfera venusiana. Pues bien, con ninguno de tales medios se logró detectar huellas de los compuestos químicos apuntados. Los límites superiores de abundancia de los hidrocarburos más sencillos y de los aldehídos, piezas fundamentales en la composición de los hidratos de carbono, es de unas pocas millonésimas (Connes, et al., 1967; Owen y Sagan, 1972). [Los límites superiores de presencia de los compuestos que nos ocupan para el caso de Marte son, asimismo, de unas pocas millonésimas (Owen y Sagan, 1972)]. Todas las observaciones efectuadas hasta el momento presente coinciden en demostrar que el grueso de la atmósfera de Venus está compuesto por dióxido de carbono. Dado que el carbono se encuentra presente bajo una forma oxidada, en el mejor de los casos puede esperarse la presencia de simples vestigios de carbono en forma reducida, como la de los hidrocarburos. Las observaciones efectuadas en las fronteras de la región crítica del espectro representada por la longitud de onda de 3,5 micras no muestran la menor traza de enlaces carbono-hidrógeno, comunes a hidrocarburos e hidratos de carbono (Pollack, et al., 1974). Hoy en día conocemos a la perfección todas las bandas de absorción del espectro de Venus, desde las ultravioletas a las infrarrojas, y decididamente no hay ninguna que indique presencia de hidrocarburos o hidratos de carbono. Hasta el momento no conocemos ninguna molécula orgánica específica que pueda explicar de forma satisfactoria el espectro infrarrojo de Venus que conocemos.

El problema de la auténtica composición de las nubes de Venus, uno de los más inquietantes enigmas científicos durante siglos, fue resuelto no hace mucho (Young & Young, 1973; Sill, 1972; Young, 1973; Pollack, et al., 1974). Las nubes de Venus están compuestas por una solución, aproximadamente al 75 %, de ácido sulfúrico. Esta identificación concuerda razonablemente con la composición química conocida de la atmósfera de Venus, en la que se han detectado los ácidos fluorhídrico y clorhídrico, con la parte real de los índices de refracción deducida a través de la polarimetría, con las características bandas de absorción de las 3 y 11,2 micras (y actualmente las situadas más allá de la banda del infrarrojo), y con la discontinuidad que representa la presencia de vapor de agua por encima y por debajo de las nubes venusianas.

Si tan plenamente desacreditada se halla la tesis de que los constituyentes básicos de las nubes de Venus son de carácter orgánico, ¿por qué suele afirmarse que la investigación basada en el instrumental incorporado a los ingenios espaciales ha corroborado las tesis de Velikovsky? Para explicar este extremo debo recurrir también a un breve relato. El 14 de diciembre de 1962 el primer ingenio espacial interplanetario lanzado con éxito por los Estados Unidos, el Mariner 2, iniciaba su viaje hacia Venus. Construido por el Jet Propulsion Laboratory, llevaba consigo, entre otro instrumental de mucho mayor interés, un radiómetro de infrarrojos cuyo funcionamiento y resultados estaban a cargo de un equipo formado por cuatro experimentadores, yo entre ellos. Por entonces aún no se había efectuado el primer vuelo espacial con éxito por parte de un ingenio lunar de la serie Ranger, y la NASA carecía de la necesaria experiencia que iba a darle el paso de los años en cuanto a la presentación de sus hallazgos científicos. Se convocó en Washington una conferencia de prensa para dar a conocer los resultados del experimento, y el Dr. L. D. Kaplan, uno de los miembros de nuestro equipo, se encargó de exponer ante la prensa los resultados obtenidos. Llegado el momento, Kaplan describió los resultados aproximadamente en los siguientes términos (no se trata de sus palabras exactas); «nuestro instrumental de experimentación era un radiómetro de infrarrojos de dos canales, uno centrado en la banda de 10,4 micras, correspondiente al CO<sub>2</sub>, el otro, una ventana de 8,4 micras, correspondiente a la fase gaseosa de la atmósfera de Venus. Su objetivo era la medición del brillo en términos absolutos, las temperaturas y la transmisión diferencial entre ambos canales. Descubrimos una ley de oscurecimiento del limbo según la cual la intensidad normalizada variaba como  $\mu$  elevado a  $\alpha$ , donde  $\mu$  es el arco seno del ángulo determinado por la normal local al planeta y la línea del horizonte y...».

Cuando su informe llegó a este punto, u otro de similares características, se vio interrumpido por unos periodistas impacientes, no habituados a los intrincados vericuetos de la ciencia, que le espetaron sin la menor contemplación: «|No nos hable de temas tan obtusos, por favor, denos resultados más asequibles al hombre de la calle! ¿Qué espesor tienen las nubes de Venus, a qué altura se encuentran situadas, de qué están compuestas?» Kaplan replicó, muy acertadamente, que el radiómetro de infrarrojos no estaba en modo alguno diseñado para responder a tales cuestiones, y que por tanto no había datos al respecto. Pero acto seguido añadió algo parecido a esto: «Les diré lo que yo pienso». Y empezó entonces a exponer que, desde su personal punto de vista, el efecto invernadero, según el cual una determinada atmósfera se muestra transparente ante la luz solar pero opaca a las radiaciones infrarrojas emitidas desde la superficie del planeta, imprescindible para que la superficie de Venus se mantuviera a temperatura elevada, no podía manifestarse en Venus porque los elementos integrantes de su atmósfera parecían mostrarse transparentes a longitudes de onda próximas a las 3,5 micras. Si en la atmósfera de Venus existiese algún elemento absorbente de radiación lumínica en las proximidades de la longitud de onda indicada se lograría una actuación positiva del efecto invernadero y quedaría explicada la elevada temperatura que se registra en la superficie venusiana. A modo de corolario, Kaplan indicaba que los hidrocarburos podían constituir un espléndido medio para garantizar el efecto invernadero.

Las reservas de Kaplan no fueron captadas ni recogidas por la prensa, de modo que al día siguiente diversos periódicos exhibían sus titulares con los siguientes términos: «El Mariner 2 detecta en las nubes de Venus la presencia de hidrocarburos». En el ínterin, y trasladándonos al Jet Propulsion Laboratory, una serie de miembros del laboratorio estaban elaborando un informe de divulgación sobre los resultados de la misión que llevaría por título «Mariner: Misión Venus». Uno les imagina en medio de su tarea hojeando los periódicos de la mañana y diciendo: «¡Pues qué bien! No tenía la menor noticia de que hubiésemos encontrado hidrocarburos en las nubes que rodean Venus». De hecho, esta publicación recogía la presencia de hidrocarburos en las nubes venusianas como uno de los principales descubrimientos del Mariner 2: «La parte inferior de las nubes está alrededor de los 200° F de temperatura y probablemente están compuestas de hidrocarburos condensados en suspensión oleaginosas». (El informe también toma partido a favor del calentamiento de la superficie de Venus gracias al efecto invernadero, aunque Velikovsky escogió creer tan sólo una parte de lo publicado.)

No es difícil imaginar al director general de la NASA transmitiendo al Presidente la buena nueva en el informe anual elaborado por la administración del programa espacial, al Presidente de la nación trasladándola a su vez a los miembros del Congreso en su informe anual y a los redactores de textos de astronomía elemental, siempre ansiosos por incluir en sus obras los últimos resultados en su campo, registrando tales «descubrimientos» en sus más recientes trabajos. Con informes tan aparentemente fidedignos, autorizados y coherentes sobre el hallazgo de hidrocarburos en las nubes de Venus por parte del Mariner 2, no es de extrañar que Velikovsky y no pocos científicos nada sospechosos de parcialidad, pero sin la menor experiencia sobre los intrincados y misteriosos caminos de la NASA, llegaran a la conclusión de que estaban ante un innegable y clásico test de validación de una determinada teoría científica. Se partía de una predicción extravagante en apariencia efectuada antes de disponer de datos observacionales, y se acababa con una inesperada verificación experimental de la atrevida hipótesis.

Pero, como hemos tenido oportunidad de ver, la situación real era muy otra. Ni el Mariner 2 ni ninguna otra investigación ulterior sobre la atmósfera de Venus han conseguido pruebas concluyentes sobre la existencia en ella de hidrocarburos o hidratos de carbono en forma sólida, líquida o gaseosa. Nuestros conocimientos actuales sobre el tema (Pollack, 1969) nos indican que el dióxido de carbono y el vapor de agua pueden explicar la absorción en la banda de las 3,5 micras. La misión Pioneer a Venus de finales de 1978 permitió determinar la cantidad de vapor de agua precisa para que, junto a la proporción de dióxido de carbono ya determinada desde tiempo atrás, pueda darse una explicación satisfactoria de la elevada temperatura que existe en la superficie de Venus gracias a la intervención del efecto invernadero. Resulta irónico que el «argumento» en favor de la existencia de hidrocarburos

en las nubes de Venus a través de los datos del Mariner 2 derive de hecho del esfuerzo para encontrar una explicación de la elevada temperatura de la superficie venusiana a través del efecto invernadero, puesto que se trata de un punto no postulado ni defendido por Velikovsky. Es asimismo irónico que posteriormente el doctor Kaplan fuese coautor de un artículo en el que se señalaba la existencia de pequeñas cantidades de metano, «gas de petróleo», tras un examen espectroscópico de la atmósfera de Venus (Connes, et al., 1967).

Para resumirlo en pocas palabras, la idea de Velikovsky de que las nubes de Venus están compuestas por hidratos de carbono no es ni original ni correcta. Fracasó el experimentum crucis.

## PROBLEMA VIII

### LA TEMPERATURA DE VENUS

Existe otra curiosa circunstancia en torno a la temperatura superficial del planeta Venus. Mientras suele citarse la elevada temperatura registrada en la superficie de Venus como una predicción acertada y sustentadora de las hipótesis de Velikovsky, lo cierto es que el razonamiento que se esconde implícito tras tal conclusión y las consecuencias que se derivan de sus argumentos no parecen ser amplia y precisamente conocidos y discutidos.

Empezaremos por tomar en consideración los puntos de vista de Velikovsky sobre la temperatura de Marte (páginas 367-368). Velikovsky cree que Marte, por ser un planeta relativamente pequeño, se vio más seriamente afectado que sus oponentes, la Tierra y Venus, en las pretéritas cuasi-colisiones entre los tres cuerpos celestes, y que por tanto debe tener una temperatura bastante elevada. Como mecanismo responsable propone «una conversión de movimiento en calor», supuesto algo vago ya que el calor no es más que movimiento de moléculas, o, y es todavía más fantástico, un conjunto de «descargas eléctricas interplanetarias» capaces de «desencadenar tensiones atómicas que garantizaran radioactividad y emisión de calor».

En el mismo epígrafe afirma erróneamente que «Marte emite más calor que el que recibe del Sol», para conseguir una coherencia aparente con sus hipótesis sobre las colisiones. No obstante, se trata de una afirmación totalmente gratuita. La temperatura de Marte la han medido en repetidas ocasiones ingenios espaciales soviéticos y norteamericanos y observadores situados en nuestro planeta, y las temperaturas en cualquier punto de Marte son justamente las que cabría esperar calculándolas a partir de la luz solar absorbida por su superficie. Más aún, se trata de un punto perfectamente establecido y conocido desde la década de los 40, mucho antes de que se publicase el libro de Velikovsky. Por lo demás, a pesar de que menciona a cuatro prominentes científicos que con anterioridad a 1950 habían trabajado en la medición de la temperatura de Marte, no hace la menor referencia a sus trabajos, sino que explícita y erróneamente sostiene que tales investigadores habían llegado a la conclusión de que Marte desprendía más radiación que la recibida desde el Sol.

Se hace difícil comprender este conjunto de errores, y la hipótesis más generosa que puedo aventurar al respecto es que Velikovsky confundiera la parte visible del espectro electromagnético, la responsable del calentamiento de Marte por parte del Sol, con la zona del espectro correspondiente a las radiaciones infrarrojas, aquella en la que Marte emite básicamente su calor radiante. No obstante, la conclusión es clara. Para ajustarse a los argumentos de Velikovsky, Marte debe ser un «planeta caliente», incluso más de cuanto lo sea Venus. Si hubiésemos descubierto que Marte era un planeta más caliente de lo esperado, quizás hubiéramos oído afirmar que nos hallábamos ante una nueva confirmación positiva de los puntos de vista de Velikovsky. No obstante, cuando se ha demostrado que Marte tenía precisamente la temperatura que podía esperarse que tuviera, no hemos oído a nadie que dijese que se trataba de una refutación de las tesis de Velikovsky. Parece, pues, que hay un doble rasero para medir las informaciones sobre planetas.

Cuando pasamos al caso de Venus encontramos en juego una serie de argumentaciones bastante similares. Considere realmente singular que Velikovsky no atribuya la temperatura de Venus a su eyección desde Júpiter (véase Problema I). Hemos señalado que Venus debe haber recibido calor en sus cuasi-colisiones con la Tierra y Marte, pero también (página 77) que «la cabeza del cometa... ha pasado por las proximidades del Sol y estaba en estado de incandescencia». Cuando el cometa se convirtió en el planeta Venus aún debía estar «muy caliente» y debía «desprender calor» (página ix). Nuevamente se hace referencia a observaciones astronómicas anteriores a 1950 (página 370) en las que se indicaba que el lado oscuro de Venus tenía una temperatura similar al lado iluminado. En este punto Velikovsky cita con todo cuidado los trabajos de los investigadores astronómicos, y deduce de sus trabajos (página 371) que «el lado oscuro de Venus irradia calor porque Venus es un planeta caliente». Desde luego, así es.

Creo que lo que intenta decirnos aquí Velikovsky es que su Venus, lo mismo que su Marte, irradia más calor que el que recibe del Sol, y que las temperaturas observadas tanto en su lado oscuro como en el iluminado se deben más a su propia «incandescencia» que a la radiación lumínica que actualmente recibe del Sol. Pero se trata de un serio error. El albedo bolométrico (fracción de luz solar reflejada por un objeto en todas las longitudes de onda) de Venus es de alrededor de 0,73, cifra completamente congruente con la temperatura observada en las nubes de Venus, alrededor de los 240° K. Dicho de otro modo, las nubes de Venus tienen precisamente la temperatura observada sobre la base de la cantidad de luz solar absorbida por ellas.

Velikovsky propone que tanto Venus como Marte irradian más calor del que reciben desde el Sol. Se equivoca tanto en un caso como en otro. En 1949 Kuiper (véanse las referencias bibliográficas) sugirió que Júpiter irradiaba una cantidad de calor superior a la recibida, y observaciones ulteriores han venido a demostrar que estaba en lo cierto. Pero la sugerencia de Kuiper no merece ni una simple mención dentro de *Worlds in Collision*.

Velikovsky propone que Venus es un planeta caliente a causa de sus cuasi-colisiones con la Tierra y Marte y de su paro por las cercanías del Sol. Puesto que Marte no es un planeta de temperatura especialmente elevada, la alta temperatura superficial de Venus debe atribuirse básicamente a su paso por las inmediaciones del Sol en su encarnación como cometa. No hay grandes dificultades en calcular cuánta energía puede haber llegado a recibir Venus al pasar por los alrededores del Sol y durante cuánto tiempo pudo irradiar al espacio circundante este supuesto superávit de energía. En el Apéndice 3 se verifican estos cálculos, y puede verse allí que toda esta energía suplementaria debió perderla en un lapso de meses, como máximo unos pocos años, tras su paso cerca del Sol; no hay la menor posibilidad racional de que todo este calor suplementario pudiera ser retenido por Venus hasta llegar a la actualidad ni aun ajustándonos a la cronología que ofrece Velikovsky. Por lo demás, Velikovsky no indica a qué distancia se supone que pasó Venus del Sol, y debe tenerse en cuenta que un cruce a poca distancia entre ambos cuerpos presentaría graves problemas desde la perspectiva de la física de las colisiones ya subrayados en el Apéndice 1. Incidentalmente, cabe señalar que Velikovsky parece insinuar vagamente en su texto que el brillo de los planetas se debe, más que a la reflexión de una luz de procedencia externa, a emisión lumínica propia. En el supuesto de que tal fuera su punto de vista, puede muy bien ser la fuente de algunas de sus confusiones sobre Venus. Velikovsky no menciona en parte alguna cuál es, en su opinión, la temperatura del planeta Venus. Como ya he señalado anteriormente, en la página 77 de *Worlds in Collision* indica de forma muy vaga que el cometa que acabaría convirtiéndose en planeta Venus se hallaba en estado de «incandescencia», pero en el prefacio a la edición de 1965 (página xi) reclama haber predicho «el estado de incandescencia de Venus». Ni que decir tiene que no se trata de afirmaciones equivalentes, pues, como puede verse en el Apéndice 3, después de la hipotética cuasi-colisión con el Sol debió producirse un rápido enfriamiento del cuerpo celeste. Por lo demás, el propio Velikovsky lanza la propuesta de un enfriamiento gradual del planeta Venus en el transcurso del tiempo, con lo que se hace realmente difícil una interpretación precisa de qué pueda querer indicar cuando afirma que Venus es un cuerpo celeste «caliente».



Velikovsky escribe en su prefacio a la edición de 1965 que su postulación de una elevada temperatura superficial en el planeta Venus «estaba en franco desacuerdo con los datos experimentales conocidos en 1946». Tal afirmación no se ajusta por completo a la realidad. Una vez más la eminente figura de Rupert Wildt se alza para ensombrecer las hipótesis astronómicas de Velikovsky. Wildt, que a diferencia de Velikovsky sí comprendía a la perfección la naturaleza del problema, predijo acertadamente que Venus, y no Marte, se mostraría como planeta «caliente». En un artículo publicado en 1940 en el *Astrophysical Journal*, Wildt sostenía que la superficie de Venus tenía una temperatura mucho más elevada de cuanto solía admitirse hasta entonces en el terreno de la astronomía académica a causa del efecto invernadero generado por el dióxido de carbono. Las investigaciones espectroscópicas han descubierto no hace mucho la presencia de dióxido de carbono en la atmósfera de Venus, y ya por entonces Wildt señalaba con pleno acierto que la notable cantidad de CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera de Venus era la responsable de la retención de las radiaciones infrarrojas exhaladas por la superficie del planeta hasta el punto de hacer que la misma alcanzase una temperatura considerablemente elevada; la atmósfera venusiana conseguía equilibrar la radiación solar que llega hasta ella con la emisión de infrarrojos procedente de la superficie del planeta. Según los cálculos de Wildt, la temperatura del planeta debía ser de alrededor de 400° K, aproximadamente igual a la temperatura de ebullición del agua (373° K = 212° F - 100° C). Indudablemente, los trabajos de Wildt sobre la temperatura superficial de Venus eran los más completos y precisos antes de alcanzarse la década de los 50. Y una vez más causa verdadero asombro ver cómo Velikovsky, que parece haber leído todos los artículos sobre Venus y Marte publicados en el *Astrophysical Journal* durante los años que van de 1920 a 1950, haya pasado por alto un trabajo de tal significación histórica. Hoy en día, a través de observaciones radioastronómicas efectuadas con instrumental instalado en laboratorios terrestres y los notabilísimos sondeos soviéticos llevados a cabo directamente en la atmósfera y la superficie venusianas, sabemos que la temperatura superficial de Venus difiere en muy poco de los 750° K (Marov, 1972). La presión atmosférica en la superficie de Venus es alrededor de noventa veces superior a la existente en la de nuestro planeta, y el componente fundamental de la atmósfera venusiana es el dióxido de carbono. La enorme abundancia de dióxido de carbono y las pequeñas cantidades de vapor de agua detectadas en el entorno de Venus permiten mantener la temperatura detectada en su superficie gracias al ya mencionado efecto invernadero. El módulo de descenso del Venera 8 soviético, el primer ingenio espacial que se ha posado sobre el hemisferio iluminado de Venus, demostró que la luz llegaba perfectamente hasta la superficie del planeta, ante lo cual los científicos soviéticos extrajeron la conclusión de que la cantidad de luz solar que llegaba hasta ella, junto con la constitución específica de la atmósfera venusiana, daban las condiciones adecuadas como para hacer posible la existencia del efecto radiante-convectivo de invernadero (Marov, et al, 1973). Los resultados reseñados se vieron confirmados por las misiones Venera 9 y Venera 10, que obtuvieron fotografías de rocas superficiales suficientemente nítidas con el exclusivo concurso de la luz solar que llega hasta Venus. Por consiguiente, Velikovsky yerra de lleno cuando afirma que «la luz solar no penetra a través del envoltorio de nubes circundante» (página ix), y muy probablemente también está en un error cuando señala en esta misma página que «el efecto invernadero no permite explicar la elevada temperatura de la superficie de Venus». Las conclusiones expuestas se vieron consolidadas con los importantes datos experimentales que aportara a finales de 1978 la misión americana Pioneer a Venus.

Velikovsky repite una y otra vez que Venus se va enfriando con el decurso del tiempo. Tal como hemos visto, atribuye su elevada temperatura al calentamiento que debió sufrir por radiación solar al pasar en tiempos pretéritos por las proximidades de nuestra estrella. Velikovsky compara mediciones de temperatura venusiana registradas en diferentes momentos y publicaciones y, a partir de ellas, pretende demostrar su tesis acerca del enfriamiento. En el gráfico adjunto se recoge un conjunto objetivo de mediciones de la temperatura de Venus a través de la determinación del brillo existente en la superficie del planeta, por lo demás la única forma de computarla sin recurrir a vehículos espaciales. Los intervalos dibujados representan el grado de incertidumbre inherente a los procesos de medición según estimación de los radioastrónomos que han efectuado las observaciones. Puede verse que no existe en el gráfico el menor indicio de descenso de la temperatura con

el paso del tiempo (si algo hay, es la sugerencia de un incremento de la misma con el tiempo, aunque los márgenes de error son suficientemente amplios como para que tal conclusión no encuentre apoyo sólido en datos experimentales). La medición de las temperaturas de las nubes que circundan Venus, en la banda infrarroja del espectro, nos ofrece resultados muy similares: son algo inferiores en cuanto a magnitud y no decrecen con el transcurso del tiempo. Por otra parte, las más simples consideraciones sobre las soluciones que ofrece la ecuación unidimensional de la conductividad térmica ponen de manifiesto que en un escenario como el velikovskiano todo enfriamiento por radiación hacia el espacio circundante debe haberse producido en épocas realmente pretéritas. Aun en el supuesto de que Velikovsky estuviera en lo cierto en cuanto a las causas de la elevada temperatura que se registra en la superficie de Venus, su predicción de un secular declive de la temperatura en dicho planeta seguiría siendo errónea.

La elevada temperatura superficial de Venus pasa por ser otra de las pruebas en favor de las hipótesis de Velikovsky. Pero en realidad observamos que 1) la temperatura en cuestión jamás ha sido concretamente especificada por Velikovsky; 2) el Mecanismo que propone para justificar tal temperatura es totalmente inadecuado; 3) la superficie del planeta, contrariamente a sus hipótesis, no se enfría con el paso del tiempo; y 4) la idea de que la temperatura superficial de Venus es elevada había sido prevista diez años antes de la publicación de *Worlds in Collision*, justificada mediante una argumentación acertada en sus líneas esenciales y divulgada en un artículo que apareció en la publicación astronómica especializada más importante de la época.

## PROBLEMA IX

### LOS CRÁTERES Y MONTAÑAS DE VENUS

En 1973 el doctor Richard Goldstein y sus colaboradores descubrieron una característica importante de la superficie de Venus utilizando los equipos de radar del Observatorio Goldstone del Jet Propulsion Laboratory; mediante posteriores observaciones se ha comprobado dicho descubrimiento. Gracias a ese instrumental de radar, capaz de penetrar en las nubes de Venus y recoger el reflejo sobre la superficie del planeta, encontraron que éste era montañoso en ciertas zonas y presentaba abundantes cráteres, e incluso una saturación de cráteres, como ocurre en algunos lugares de la Luna -hay tantos cráteres que se superponen entre sí-. Como en las sucesivas erupciones volcánicas se utilizan las mismas chimeneas de lava, la saturación de cráteres resulta más propia de cráteres de impacto que de cráteres de origen volcánico. No es ésta una predicción de Velikovsky, pero tampoco es ése el aspecto al que quiero referirme. Estos cráteres de la superficie de Mercurio y en las zonas de cráteres de Marte, como ocurre con los mares lunares, se deben casi exclusivamente al impacto de restos interplanetarios. A pesar de la elevada densidad de la atmósfera de Venus, los grandes objetos susceptibles de formar cráteres no se volatilizan al atravesarla. Ahora bien, los objetos colisionantes no pueden haber alcanzado Venus en los últimos diez mil años; de ser así, la Tierra también estaría cubierta de cráteres. La fuente más probable de dichas colisiones está en los objetos Apollo (asteroides cuyas órbitas cruzan la órbita de la Tierra) y en los pequeños cometas que ya hemos mencionado (Apéndice 1). Pero para que hayan producido tantos cráteres como los que hay en Venus, es necesario que el proceso de formación de éstos haya durado miles de millones de años. Alternativamente, cabe pensar que la formación de cráteres puede haber sido mucho más rápida en la primerísima época de la historia del sistema solar, cuando los restos interplanetarios eran mucho más abundantes. Pero nada induce a creer que se hayan formado recientemente. Por otra parte, si Venus se encontraba, hace varios miles de años, en el interior de Júpiter, no hubiese podido acumular tantos impactos. La conclusión clara que se saca a partir del estudio de los cráteres de Venus es que este planeta ha sido, durante miles de millones de años, un objeto expuesto a las colisiones interplanetarias -en contradicción directa con la premisa fundamental de la hipótesis de Velikovsky.

Los cráteres venusianos están significativamente erosionados. Algunas de las rocas de la superficie del planeta, tal como pusieron de manifiesto las fotografías de los Venera 9 y 10, son bastante jóvenes. En otro lugar he descrito posibles mecanismos de erosión de la

superficie de Venus -incluyendo el desgaste por agentes atmosféricos químicos y la lenta deformación a temperaturas elevadas (Sagan, 1976)-. Sin embargo, estos descubrimientos no encuentran ninguna apoyatura en las hipótesis de Velikovsky: la reciente actividad volcánica en Venus no tendría que ser atribuida al paso cerca del Sol o al hecho de que, en algún vago sentido, Venus es un planeta «joven», más de lo que lo requiere la reciente actividad volcánica en la Tierra.

En 1967 Velikovsky escribió: «Evidentemente, si el planeta tiene miles de millones de años, puede no haber mantenido su calor primitivo; por otra parte, cualquier proceso radioactivo capaz de producir ese calor debe tener un ritmo de desintegración muy rápido (sic) y tampoco eso cuadra con una edad del planeta medida en miles de millones de años». Desgraciadamente, Velikovsky no ha conseguido comprender dos resultados clásicos y básicos de la geofísica. La conducción térmica es un proceso mucho más lento que la radiación o la convección y, en el caso de la Tierra, el calor primigenio contribuye de forma apreciable al gradiente de temperatura geotérmica y al flujo de calor desde el interior de la Tierra. Lo mismo ocurre en el caso de Venus. Por otra parte, los núcleos radioactivos que provocan el calentamiento radiactivo de la corteza terrestre son isótopos de vida larga del uranio, el torio y el potasio -isótopos cuyas vidas medias son del orden de la edad del planeta. También aquí ocurre lo mismo en el caso de Venus.

Si fuese el caso, como cree Velikovsky, de que Venus se hubiese fundido totalmente hace unos miles de años -debido a colisiones planetarias o a cualquier otra causa- el enfriamiento por conducción no podría haber producido desde entonces más que una corteza exterior muy delgada, de unos 100 metros de espesor aproximadamente. Pero las observaciones efectuadas con radar indican la presencia de enormes cordilleras montañosas lineales, cuencas circulares y un gran desfiladero, de dimensiones comprendidas entre los centenares y los miles de kilómetros. Es muy poco probable que esas impresionantes características tectónicas o de impacto se sustenten de forma estable sobre un interior líquido con una corteza tan delgada y frágil como ésta.

## PROBLEMA X

### LA CIRCULARIZACIÓN DE LA ÓRBITA DE VENUS Y LAS FUERZAS NO GRAVITATORIAS DEL SISTEMA SOLAR

La idea de que Venus puede haberse convertido, en unos pocos miles de años, de un objeto con una órbita muy excéntrica en uno con su órbita actual, que es -exceptuando el caso de Neptuno-, la órbita circular casi más perfecta de todos los planetas, no concuerda en absoluto con lo que sabemos sobre el problema de los tres cuerpos (\*) de la mecánica celeste. Sin embargo, hay que admitir que ése no es un problema completamente resuelto y que, aunque lo más probable es que las hipótesis de Velikovsky tienen las de perder, no existe todavía una evidencia total en contra. Es más, cuando Velikovsky hace referencia a las fuerzas eléctricas o magnéticas, sin calcular por ello su magnitud ni describir sus efectos con detalle, nos sentimos tentados a abrazar sus puntos de vista. Sin embargo, unos sencillos razonamientos acerca de la densidad de energía magnética necesaria para circularizar un cometa ponen de manifiesto que las intensidades de campo que intervienen son desmesuradamente elevadas (Apéndice 4) -están desautorizadas por los estudios de magnetización de rocas.

--

(\*) La predicción de los movimientos relativos de tres objetos atraídos entre sí por la gravitación.

--

También podemos abordar el problema desde un punto de vista empírico. La lógica de la mecánica newtoniana nos permite predecir con notable precisión las trayectorias de los vehículos espaciales -de tal forma que, por ejemplo, los satélites orbitales Viking se

situaron en una órbita a menos de 100 kilómetros de la preestablecida; el Venera 8 se situó precisamente en el lado iluminado del terminador de Venus y el Voyager 1 se situó con exactitud en el corredor de entrada correcto, en las cercanías de Júpiter, para que pudiese viajar hasta Saturno. No se encontró ninguna misteriosa influencia eléctrica o magnética. La mecánica newtoniana resulta adecuada para predecir, con gran precisión, por ejemplo, el momento exacto en que se eclipsarán entre sí los satélites galileanos de Júpiter.

Es cierto que los cometas tienen órbitas menos predecibles, pero ello se debe, con casi total seguridad, a que se produce una ebullición de sus hielos a medida que se acercan del Sol y a un pequeño efecto cohete. La encarnación cometaria de Venus, caso de haber existido, también puede haber experimentado esa evaporación de sus hielos, pero no existe modo alguno mediante el cual el efecto cohete haya llevado preferentemente a ese cometa hacia las proximidades de la Tierra o de Marte. El cometa Halley, que ha sido observado posiblemente durante dos mil años, sigue recorriendo una órbita muy excéntrica y no se ha advertido en él la más mínima tendencia a la circularización; y sin embargo es casi tan viejo como el «cometa» de Velikovsky. Es extraordinariamente improbable que el cometa de Velikovsky, caso de haber existido, se haya convertido en el planeta Venus.

## OTROS PROBLEMAS

Los diez puntos anteriores constituyen los principales defectos científicos de la argumentación de Velikovsky, tal y como yo la entiendo. Anteriormente ya hice algunos comentarios acerca de las dificultades que presentaba su enfoque de los textos antiguos. A continuación enumeraré algunos de los diversos problemas que he ido encontrando al leer *Worlds in Collision*.

En la página 280 se sostiene que las lunas marcianas Fobos y Deimos han «arrebatado parte de la atmósfera de Marte» y que, por tanto, aparecen muy brillantes. Pero enseguida nos damos cuenta de que la velocidad de escape en dichos objetos -posiblemente unos 35 kilómetros por hora- es tan pequeña que les hace incapaces de retener, aun temporalmente, cualquier atmósfera; las fotografías de proximidad proporcionadas por los Viking no ponen de manifiesto ni atmósfera ni regiones heladas; de hecho, se cuentan entre los objetos más oscuros del sistema solar.

Al principio de la página 281, se hace una comparación entre el libro bíblico de Joel y una serie de himnos Vedas que describen «maruts». Para Velikovsky los «maruts» eran un enjambre de meteoritos que acompañaban a Marte en su mayor aproximación a la Tierra, que también considera descrita en Joel. Velikovsky afirma (pág. 286): «Joel no copió a los Vedas ni los Vedas a Joel.» Sin embargo, en la página 288, Velikovsky encuentra «satisfactorio» descubrir que las palabras «Marte» y «marut» son afines. Pero, si las historias de Joel y de los Vedas son independientes, ¿cómo es posible que las dos palabras sean afines?

En la página 307 encontramos a Isaías prediciendo con exactitud el tiempo que tardará Marte en colisionar nuevamente con la Tierra, «basándose en la experiencia de perturbaciones previas». De ser así, Isaías debía ser capaz de resolver la totalidad del problema de los tres cuerpos con fuerzas eléctricas y magnéticas incorporadas y es una lástima que ese conocimiento no nos haya sido transmitido a través del Viejo Testamento.

En las páginas 366 y 367 encontramos el argumento de que Venus, Marte y la Tierra, en sus interacciones, deben tener intercambiadas sus atmósferas. Si hace unos 3.500 años pasaron cantidades masivas de oxígeno molecular terrestre (20 por ciento de nuestra atmósfera) a Marte y Venus, todavía deberían existir cantidades apreciables. La escala de tiempo para la reposición del O<sub>2</sub> en la atmósfera terrestre es de 2.000 años, y eso por un proceso biológico. En ausencia de una respiración biológica abundante, el O<sub>2</sub> de Marte y Venus de hace 3.500 años debería estar todavía allí. Sin embargo, la espectroscopia nos enseña que, como mucho, el O<sub>2</sub> es un elemento de muy poca entidad en la ya extremadamente rara atmósfera marciana (y es igualmente escaso en Venus). El Mariner 10 encontró trazas de oxígeno en la atmósfera de Venus; eran pequeñísimas cantidades de

oxígeno atómico en la atmósfera alta y no masivas cantidades de oxígeno molecular en la atmósfera baja.

La escasez de O<sub>2</sub> en Venus también hace insostenible la creencia de Velikovsky en fuegos de petróleo en la atmósfera baja venusiana -ni el combustible ni el oxidante existen en cantidades apreciables-. En opinión de Velikovsky, estos fuegos producirían agua, que se fotodisociaría, dando O. Así, Velikovsky necesita abundante O<sub>2</sub> en la atmósfera profunda para explicar el O de la atmósfera superior. De hecho, el O encontrado se explica muy bien mediante la disociación fotoquímica del componente atmosférico principal, CO<sub>2</sub>, en CO y O. Estas distinciones parecen haberlas olvidado algunos de los defensores de Velikovsky, que han hecho de los descubrimientos del Mariner 10 una vindicación de Worlds in Collision.

Velikovsky argumenta que, al no haber prácticamente oxígeno ni vapor de agua en la atmósfera marciana, debe ser algún otro componente de la atmósfera de Marte el que se derive de la Tierra. Desgraciadamente, el argumento es un non sequitur. Velikovsky opta por el argón y el neón, a pesar del hecho de que son componentes bastante raros de la atmósfera terrestre. Harrison Brown fue el primero, en los años 1940, en escribir el argón y el neón como componentes básicos de la atmósfera marciana. En la actualidad se descarta la existencia de algo más que trazas de neón; el Viking detectó un uno por ciento de argón. Pero aun cuando se hubiesen encontrado grandes cantidades de argón en Marte, ese hecho no hubiese supuesto una prueba del intercambio atmosférico defendido por Velikovsky - porque la forma más abundante del argón, <sup>40</sup>Ar, se produce por desintegración radiactiva del potasio 40, cuya existencia se supone en la corteza de Marte.

Un problema mucho más serio para Velikovsky es la ausencia relativa de N<sub>2</sub> (nitrógeno molecular) en la atmósfera Marciana. El gas es prácticamente inerte, no congela a las temperaturas de Marte y no puede escapar rápidamente de la exosfera marciana. Es componente principal de la atmósfera terrestre, pero sólo está presente en un uno por ciento en la atmósfera de Marte. Si se produjo ese intercambio, ¿dónde está todo el N<sub>2</sub> en Marte? Estas pruebas acerca de un presunto intercambio de gases entre Marte y la Tierra, en el que cree Velikovsky, casi no están desarrolladas en sus escritos; y las pruebas contradicen su tesis.

Worlds in Collision es un intento de dar validez a la Biblia y a otras manifestaciones populares como la historia, cuando no la teología. He intentado leer el libro sin prejuicios. Encuentro que las concordancias mitológicas son fascinantes y que vale la pena investigarlas más a fondo, pero posiblemente puedan explicarse a través de su difusión o por otras razones. La parte científica del texto, a pesar de toda su pretensión de «demostración», topa con por lo menos diez dificultades graves.

De las diez pruebas del trabajo de Velikovsky que hemos descrito más arriba, en ninguno de los casos sus ideas son simultáneamente originales y consistentes con la simple observación y las teorías físicas. Es más, muchas de las objeciones que se le plantean - especialmente en los Problemas I, II, III y X- son objeciones de mucho peso, basadas en las leyes del movimiento y de conservación de la física. En ciencia, un argumento aceptable debe presentar una concatenación de pruebas bien fundamentada. Si se rompe un solo eslabón de esa cadena, el argumento deja de servir. En el caso de Worlds in Collision, se presenta justamente la situación opuesta: prácticamente todos los eslabones de la cadena están rotos. Para sacar a flote la hipótesis se necesita un esfuerzo muy especial, el difuso invento de una nueva física y una despreocupación selectiva por una plétora de pruebas adversas. Por consiguiente, la tesis básica de Velikovsky me parece claramente insostenible desde una óptica científica.

Más todavía, con el material mitológico se presenta un problema potencialmente peligroso. Los supuestos acontecimientos se reconstruyen a partir de leyendas y cuentos populares. Pero estas catástrofes globales no figuran en la recopilación histórica o en el folklore de muchas culturas. Estas extrañas omisiones se explican, cuando llegan a detectarse, por una «amnesia colectiva». Velikovsky apuesta por las dos formas. Cuando existen concordancias, está dispuesto a sacar de ellas las conclusiones más llamativas. Cuando no se dan

concordancias, la dificultad se evita mediante la «amnesia colectiva». Con un nivel de exigencias tan relativo puede demostrarse «cualquier cosa».

Debo indicar también que existe una explicación de la mayoría de los acontecimientos expuesto en el Éxodo que es mucho más plausible que la que acepta Velikovsky, una explicación que está mucho más de acuerdo con la física. El Éxodo aparece fechado en El Libro de los Reyes unos 480 años antes de la construcción del Templo de Salomón. Gracias a otros cálculos adicionales, se ha determinado que el éxodo Bíblico se produjo alrededor de 1447 a.C. (Covey, 1975). No todos los estudiosos de la Biblia están de acuerdo con esa fecha, que concuerda con la cronología de Velikovsky y, además, es sorprendentemente parecida a las fechas obtenidas, por diversos métodos científicos, correspondientes a la última y colosal explosión de la isla de Thera (o Santorin) que habría destruido la civilización Minoica en Creta y habría tenido profundas consecuencias en Egipto, situado a menos de trescientas millas al sur. La mejor datación de que disponemos de ese acontecimiento, obtenido mediante la técnica del carbono radioactivo en un árbol calcinado por las cenizas volcánicas de Thera, arroja la cifra de 1.456 a.C., con un error máximo de más o menos cuarenta y tres años. La cantidad de polvo volcánico producido es más que suficiente como para poder explicar la persistencia de la oscuridad durante tres días seguidos, mientras que los acontecimientos que conllevan pueden explicar los terremotos, el hambre, las plagas y demás catástrofes manejadas por Velikovsky. También puede haber producido un inmenso tsunami (maremoto) mediterráneo, del que Angelos Galanopoulos (1964) -el responsable de gran parte del interés geológico y arqueológico por Thera- cree que también puede explicar la bifurcación del Mar Rojo.(\*). En cierto sentido, la explicación de Galanopoulos acerca de los acontecimientos que se relatan en el Éxodo resulta todavía más provocadora que la explicación de Velikovsky, puesto que Galanopoulos ha presentado pruebas moderadamente convincentes de que Thera corresponde, en la mayoría de detalles esenciales, a la civilización legendaria de la Atlántida. De estar en lo cierto, fue la destrucción de la Atlántida y no la aparición de un cometa lo que impulsó a los israelitas a abandonar Egipto.

--

(\*) En el libro de Vitaliano se hallará una discusión informativa y entretenida del caso Thera, así como todo lo relativo a la conexión entre los mitos y los fenómenos geológicos; véase también De Camp (1975).

--

Se dan muchas extrañas inconsistencias en *Worlds in Collision*, pero en una de las últimas páginas del libro se introduce de pasada una desviación asombrosa de la tesis fundamental. Nos enteramos de una venerable y enorme analogía entre las estructuras del sistema solar y las de los átomos. De repente, se nos presenta la hipótesis de que los movimientos errantes conocidos de los planetas, en lugar de deberse a las colisiones, son el resultado de los cambios en los niveles cuánticos de energía de los planetas, cambios provocados por la absorción de un fotón -o tal vez de varios-. Los sistemas solares están ligados por fuerzas gravitacionales; los átomos por fuerzas eléctricas. Aun cuando ambas fuerzas dependen del inverso del cuadrado de la distancia, presentan características y magnitudes totalmente distintas: una de las muchas diferencias es la de que existen cargas eléctricas negativas y positivas, mientras que la masa gravitatoria sólo tiene un signo. Conocemos lo bastante de los sistemas solares y de los átomos como para darnos cuenta de que los «saltos cuánticos» propuestos por Velikovsky para los planetas se basan en su incomprensión, tanto de las teorías como de las pruebas de que disponemos.

Por lo que yo he podido apreciar, en *Worlds in Collision* no hay ni una sola predicción matemática correcta hecha con la precisión suficiente como para que sea algo más que una vaga intuición afortunada -existe además, como he intentado poner de manifiesto, una legión de pretensiones falsas-. En ocasiones se hace observar que la existencia de una fuerte emisión de radio procedente de Júpiter es el ejemplo más notable de predicción acertada por parte de Velikovsky, pero también es cierto que todos los objetos emiten

ondas de radio al estar a temperaturas superiores al cero absoluto. Las características esenciales de la emisión de radio de Júpiter -es decir, una radiación intermitente, polarizada y no térmica, así como los enormes cinturones de partículas cargadas que rodean a Júpiter, atrapadas por su intenso campo magnético- no han sido predichas por Velikovsky en ningún momento. Es más, su «predicción» no tiene nada que ver en lo esencial con las tesis fundamentales de Velikovsky.

No basta con intuir algo correcto para demostrar necesariamente un conocimiento previo o una teoría correcta. Por ejemplo, en una obra de ciencia ficción de la primera época, fechada en 1949, Max Ehrlich concebía la situación del paso de un objeto cósmico muy cerca de la Tierra; objeto que llenaba por completo el firmamento y aterrizzaba a los habitantes de la Tierra. Pero lo que más pavor producía era el hecho de que en ese planeta que se aproximaba había una característica natural que parecía un enorme ojo. Se trata de uno de los muchos antecedentes, tanto ficticios como serios, de la idea de Velikovsky según la cual estas colisiones son frecuentes. Pero no quería referirme a eso. En una discusión acerca de las causas por las que la cara visible de la Luna presenta mares de gran tamaño y de formas suaves, mientras que en la cara oculta prácticamente no se dan, John Wood, del Smithsonian Astrophysical Observatory, propuso que la cara lunar que hoy mira hacia nosotros estuvo hace tiempo en el borde, el limbo, de la Luna, en el primer hemisferio del movimiento de la Luna alrededor de la Tierra. En esa posición barrió, hace miles de millones de años, un anillo de restos interplanetarios que rodeaban a la Tierra y que habían intervenido en la formación del sistema Tierra-Luna. Según las leyes de Euler, la Luna debería haber modificado entonces su eje de rotación haciéndolo corresponder a su nuevo momento de inercia principal, de forma que su primer hemisferio debía por aquel entonces estar orientado hacia la Tierra. La conclusión más destacada es la de que hubo un tiempo, siempre según Wood, en el que lo que hoy es el limbo oriental lunar debía estar en la cara visible. Pero el limbo oriental lunar presenta un enorme elemento provocado por una colisión, hace miles de millones de años, llamado Mare Orientale, que se parece mucho a un ojo gigante. Nadie sugirió que Ehrlich acudía a la memoria de la raza sobre un fenómeno ocurrido hace tres mil millones de años cuando escribió *The Big Eye*. Se trata simplemente de una coincidencia. A medida que se vaya escribiendo más ciencia ficción y se vayan proponiendo más y más hipótesis científicas, tarde o temprano acabarán por darse coincidencias fortuitas.

¿Cómo es posible que con todos sus desaciertos, *Worlds in Collision* se haya popularizado tanto? En cuanto a esto, sólo Puedo hacer suposiciones. Por una parte, se trata de un intento de dar validez científica a la religión. Las viejas historias bíblicas son ciertas al pie de la letra, nos dice Velikovsky, sólo si las interpretamos en la forma adecuada. Los judíos, por ejemplo, consiguieron sobrevivir a los faraones egipcios, a los reyes asirios y a muchos otros desastres siguiendo los dictados de las intervenciones de los cometas y debían tener, según parece indicarnos, todo el derecho de considerarse un pueblo escogido. Velikovsky pretende rescatar no sólo la religión sino también la astrología: los resultados de las guerras, los destinos de pueblos enteros, quedan determinados por las posiciones de los planetas. En cierto sentido, su trabajo se manifiesta partidario de una cierta conexión cósmica de la humanidad -un sentimiento del que yo mismo participo, aunque en un contexto algo distinto (*The Cosmic Cormectiori*)- y afirma en repetidas ocasiones que los pueblos y culturas de la antigüedad no eran tan ignorantes en definitiva.

El ultraje sufrido por muchos científicos normalmente apacibles al colisionar con *Worlds in Collision* ha provocado toda una secuela de consecuencias. Algunas personas se muestran justamente molestas con la pomposidad de que en ocasiones hacen gala los científicos, o se sienten muy preocupados por lo que interpretan como peligros de la ciencia y la tecnología, o tal vez tienen dificultades para entender la ciencia. Pueden encontrar algún tipo de satisfacción cuando a los científicos les ponen las peras a cuarto.

En todo el asunto de Velikovsky hay un aspecto peor que el vulgar, ignorante y sectario enfoque de Velikovsky y muchos de sus seguidores, y ha sido el desafortunado intento, llevado a cabo por algunos que se llamaban científicos, de suprimir sus escritos. Todo el armazón científico se ha visto afectado a causa de ello. En el trabajo de Velikovsky no se

encuentra ninguna pretensión seria de objetividad ni de falsificación. En su rígido rechazo del inmenso cuerpo de datos que contradicen sus argumentos tampoco puede encontrarse ningún rasgo de hipocresía. Pero se supone que los científicos han de hacerlo mejor, han de darse cuenta de que las ideas se juzgarán sobre la base de sus méritos siempre que se potencie la investigación y el debate libres.

En la medida en que los científicos no hemos dado a Velikovsky la respuesta razonada que requiere su trabajo, nos hemos hecho responsables de la propagación de la confusión en torno a Velikovsky. Pero los científicos no podemos preocuparnos de todo aquello que raya en lo no científico. Así por ejemplo, la reflexión, los cálculos y la preparación de este capítulo me han restado un tiempo precioso a lo que constituye mi propia investigación. Pero también tengo que decir que no me ha resultado aburrido y, en última instancia, he entrado en contacto con lo que considero una leyenda muy interesante.

La pretensión de recuperar las religiones antiguas, en una época en que parece estarse buscando desesperadamente la raíz de la religión, algún tipo de significado cósmico de la humanidad, puede considerarse o no como una contribución válida. Creo que en las religiones antiguas hay mucho de bueno y de malo. Pero no comparto la necesidad de las medias tintas. Si nos vemos obligados a elegir -y taxativamente no lo estamos- ¿no es acaso mejor la evidencia del Dios de Moisés, Jesús o Mahoma que la del cometa de Velikovsky?



## 8. NORMAN BLOOM, MENSAJERO DE DIOS

El enciclopedista Francois Diderot visitó la corte rusa invitado por la emperatriz. Conversó con entera libertad y proporcionó a los miembros más jóvenes de los círculos de la corte un ateísmo vivaz. La emperatriz estaba encantada, pero alguno de sus consejeros le sugirió la conveniencia de comprobar tales exposiciones doctrinales. La emperatriz no quiso poner freno en forma directa al discurso de su invitado y se urdió la intriga siguiente: se hizo saber a Diderot que un conocido matemático disponía de una demostración algebraica de la existencia de Dios y que deseaba ofrecérsela ante toda la Corte, si estaba dispuesto a escucharle. Diderot aceptó de buen grado; aunque no se mencionó el nombre del matemático, se trataba de Euler. Avanzó hacia Diderot y dijo con gravedad y con un tono de convencimiento perfecto: *Monsieur,  $(a + b^n)/n = x$ , donc Dieu existe; repondez!* (Señor,  $(a + b^n)/n = x$ , por tanto, Dios existe; respondió).

Diderot, para quien el álgebra era como el chino, quedó perplejo y desconcertado; mientras, resonaron carcajadas por todos lados. Pidió permiso para regresar a Francia inmediatamente, permiso que le fue concedido.

AUGUSTUS DE MORGAN, A Budget of Paradoxes (1872)

En el transcurso de la historia humana se han producido intentos de elaborar argumentos racionales para convencer a los escépticos de la existencia de Dios o de varios dioses. Pero la mayoría de los teólogos han sostenido que la realidad última de los seres divinos es sólo cuestión de fe y, por ende, inaccesible al esfuerzo racional. San Anselmo argumentaba que, dado que puede imaginarse un ser perfecto, éste debe existir —porque no sería perfecto sin la perfección añadida de la existencia—. Este argumento llamado ontológico fue atacado en repetidas ocasiones desde dos vertientes:

¿Podemos imaginar un ser totalmente perfecto?

¿Es acaso evidente que la perfección aumenta con la existencia?

Para una mente moderna, esos argumentos piadosos más parecen tener que ver con palabras y definiciones que con la realidad externa.

Más conocido es el argumento del modelo, una línea de pensamiento que penetra profundamente en los principios de las preocupaciones científicas fundamentales. Ese argumento fue admirablemente enunciado por David Hume: *"Mirad a vuestro alrededor, contemplad el todo y cada una de sus partes; encontraréis que no es sino una gran máquina, subdividida en un número infinito de máquinas menores... Todas estas máquinas distintas, incluso en sus partes más diminutas, se ajustan entre sí con una precisión tal que despierta la admiración de todos aquellos que las hayan contemplado. La curiosa adaptación de los medios a los fines en toda la Naturaleza, coincide prácticamente, aunque la supera en gran medida, con la producción de la invención humana; de la capacidad, pensamiento, sabiduría e inteligencia humanos. Como, por tanto, los efectos se parecen entre sí, nos vemos llevados a inferir, de acuerdo con todas las reglas de la analogía, que las causas también se parecen; y que el Autor de la Naturaleza es, en cierta medida, parecido a la mente del hombre; aunque poseedor de facultades muy superiores proporcionadas a la grandeza del trabajo que ha realizado"*

Más adelante, Hume someterá este argumento, como hizo posteriormente Emmanuel Kant, a un devastador y contundente ataque, a pesar de lo cual el argumento del modelo continuó mereciendo el favor popular —como queda patente, por ejemplo, en los trabajos de William Paley— durante los inicios del siglo XIX. En un típico párrafo de Paley puede leerse:

*"No puede haber un modelo sin un modelador; ni invención sin inventor; ni orden sin elección; ni arreglo sin algo capaz de arreglar; ni servicio y relación con un propósito sin aquello que pueda proponerse un propósito; ni medios adecuados a un fin, ni capacidad de utilizarlos ni de lograr ese fin, sin que haya podido plantearse ese fin o se hayan acomodado los medios a éste. Arreglo, disposición de las partes, servicio de los medios a un fin, relación de los instrumentos con un uso, todo ello presupone la presencia de la inteligencia y de la mente».*

Con el desarrollo de la ciencia moderna, pero muy especialmente con la brillante formulación de la teoría de la evolución a través de la selección natural sentada por Charles Darwin y Alfred Russel Wallace en 1859, estos argumentos aparentemente plausibles quedaron definitivamente desbaratados.

Evidentemente, no puede existir una refutación de la existencia de Dios —en especial de la existencia de un Dios suficientemente sutil—. Pero es una descortesía, tanto para la ciencia como para la religión, dejar sin respuesta los argumentos inconsistentes sobre la existencia de Dios. Más aún, los debates sobre estas cuestiones son divertidos y, cuanto menos, adiestran la mente para el trabajo útil. En la actualidad, no se plantean demasiadas discusiones sobre el tema, posiblemente porque son muy pocos los argumentos sobre la existencia de Dios susceptibles de ser comprendidos por todo el mundo. Una versión reciente y moderna del argumento del modelo me fue enviada por su autor, tal vez para asegurarse una crítica constructiva.

Norman Bloom es un norteamericano contemporáneo que incidentalmente cree ser la Segunda Reencarnación de Jesucristo. Bloom ha observado en las Escrituras y en la vida cotidiana coincidencias numéricas que cualquier otra persona pasaría por alto. Pero son tantas esas coincidencias que, según Bloom, sólo pueden ser debidas a una inteligencia invisible y el hecho de que nadie más parezca capaz de encontrar o apreciar tales coincidencias hace llegar a Bloom a la convicción de que ha sido escogido para revelar la presencia de Dios.

Bloom se ha convertido en un adorno en algunas reuniones científicas, en las que arenga a las masas presurosas y preocupadas que se desplazan de una a otra sesión. La retórica típica de Bloom es del siguiente tipo: "Y aunque me rechazáis, me despreciáis y me negáis, TODOS SERÉIS CONDUCIDOS SOLO POR MÍ. Mi voluntad se hará, porque YO os he formado de la nada. Sois la Creación de Mis Manos. Completaré Mi Creación y completaré Mi Propósito que Me he propuesto desde siempre. SOY LO QUE SOY. SOY EL SEÑOR. TU DIOS EN LA VERDAD". Si por algo peca es por su falta de modestia; todas las mayúsculas utilizadas en el texto se deben a él.

Bloom ha hecho editar un folleto fascinante en el que dice:

Todo el profesorado de la Universidad de Princeton (incluyendo su personal docente y sus decaños y los jefes de los departamentos enumerados) ha coincidido en que no puede refutar, ni poner de manifiesto ningún error básico en la demostración que le fue presentada en el libro *The New World*, de setiembre de 1974. El profesorado reconoce el 1º de junio de 1975 que acepta como una verdad establecida la IRREFUTABLE DEMOSTRACION DE QUE UNA MENTE Y UNA MANO ETERNAS HAN CONFIGURADO Y CONTROLADO LA HISTORIA DEL MUNDO A LO LARGO DE MILES DE AÑOS.

Prosiguiendo con la lectura nos enteramos de que, a pesar de que Bloom distribuyese sus demostraciones a los más de mil profesores de la Universidad de Princeton y a pesar de su ofrecimiento de un premio de \$1.000 para el primero que refutase su demostración, no se produjo ninguna respuesta. Después de seis meses sacó la conclusión de que, como Princeton no respondía, Princeton creía. Teniendo presentes las actitudes de los profesores universitarios, se me ha ocurrido una explicación alternativa. En cualquier caso, no creo que la falta de una respuesta constituya un apoyo irrefutable a los argumentos de Bloom.

Parece ser que Princeton no ha sido la única universidad que ha hecho gala de falta de hospitalidad para con Bloom:

Sí, en ocasiones casi innumerables he sido perseguido por la policía por traeros el regalo de mis escritos... ¿No se supone acaso que los profesores universitarios tienen la madurez, el criterio y la sabiduría necesarios para leer un escrito y determinar por sí mismos el valor de su contenido? ¿Necesitan acaso Policía PARA EL CONTROL DEL PENSAMIENTO, para decirles lo que deben o no deben leer o pensar? Pues, incluso en el Departamento de Astronomía de la Universidad de Harvard he sido perseguido por la policía por el delito de distribuir esta Lectura del Nuevo Mundo, demostración irrefutable de que el sistema tierra-luna-sol esta configurado por Una mente y Una maño que lo controlan. Sí, y AMENAZADO CON LA CARCEL, si VUELVO A ENSUCIAR NUEVAMENTE EL CAMPUS DE HARVARD CON MI PRESENCIA... Y ESA ES LA UNIVERSIDAD QUE TENÍA HACE TIEMPO SOBRE SU ESCUDO LA PALABRA VERITAS, VERITAS, VERITAS. Ah, ¡qué hipócritas y falsos sois!

Las supuestas demostraciones son muchas y diversas. Todas ellas con coincidencias numéricas que Bloom considera que no se deben al azar. Tanto por su estilo como por su contenido, los argumentos recuerdan los comentarios de los textos Talmúdicos y la ciencia cabalística de la Edad Media judía: por ejemplo, el tamaño angular de la Luna o del Sol se ve desde la Tierra según un ángulo de medio grado. Eso es justamente  $1/720$  de circunferencia ( $360^\circ$ ) celeste. Pero  $720 == 6! = 6 \times 5 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1$ . Por tanto, Dios existe. Representa una mejora con respecto a la demostración que dio Elder ante Diderot, pero la línea de pensamiento nos resulta conocida, pues está presente en toda la historia de la religión. En 1658, el jesuita Caspar Schott, anunciaba en su *Magia Universalis Naturae et Artis* que el número de grados de gracia de la Virgen María es de  $2^{256} = 2^{2^8} == 1.2 \times 10^{77}$  (lo que dicho sea de paso, es aproximadamente el número de partículas elementales en el universo).

Otro de los argumentos de Bloom, que él mismo describe como una "*demostración irrefutable de que el Dios de la Escritura es quien configuró y controló la historia del mundo a lo largo de miles de años*", es el siguiente: según los Capítulos 5 y 11 del Génesis, Abraham nació 1.948 años después que Adán, en una época en la que el padre de Abraham, Terah, tenía setenta años. Pero el Segundo Templo fue destruido por los Romanos en el año 70 d. C. y el Estado de Israel se creó en 1948 d. C., Q.E.D. Resulta difícil sustraerse a la impresión de que pueda haber algún defecto en algún sitio. "Irrefutable" es una palabra excesiva. Pero el argumento constituye una refrescante diversión respecto a san Anselmo.

Sin embargo, el argumento central de Bloom y en el que se basa gran parte del resto es la pretendida coincidencia astronómica de que 235 lunaciones duran tanto, y con una precisión espectacular, como diecinueve años. De ahí: "*Fíjate, humanidad; os digo a todos vosotros que en esencia estáis viviendo en un reloj. El reloj marca perfectamente el tiempo, ¡hasta una precisión de un segundo por día!... ¿Cómo podría un reloj celestial como éste llegar a ser, sin que haya allí algún ser que con percepción y comprensión, que con un plan y con el poder, pueda hacer ese reloj?*"

Una bonita pregunta. Para responderla, hay que tener presente que en astronomía se utilizan distintos tipos de años y distintos tipos de meses. El año sidéreo es el período que tarda la Tierra en dar una vuelta alrededor del Sol respecto a las estrellas distantes. Dura 365,2564 días (utilizaremos, al igual que hace Norman Bloom, lo que los astrónomos llamamos *días solares medios*). También hay el año trópico. Es el período que tarda la Tierra en completar una revolución alrededor del Sol respecto a las estaciones y dura 365,242199 días. El año trópico difiere del año sidéreo debido a la precesión de los equinoccios, el lento movimiento de trompo de la Tierra producido por las fuerzas gravitatorias del Sol y la Luna sobre su forma esférica achatada. Por último, está también el año llamado anomalístico, de 365,2596 días de duración. Es el intervalo entre dos sucesivas separaciones mínimas entre la Tierra y el Sol y difiere del año sidéreo a causa del lento

movimiento de la órbita elíptica de la Tierra sobre su propio plano, producido por las fuerzas gravitatorias de los planetas más cercanos.

De igual manera, existen distintos tipos de meses. Evidentemente, la palabra "mes" viene de "luna".(\*) El mes sidéreo es el lapso de tiempo que tarda la Luna en dar una vuelta alrededor de la Tierra respecto a las estrellas distantes y dura 27,32166 días. El mes sinódico, también llamado lunación, es el período entre dos lunas nuevas o dos lunas llenas. Dura 29,530588 días. El mes sinódico difiere del mes sidéreo debido a que, a lo largo de una revolución sidérea de la luna alrededor de la tierra, el sistema tierra-luna ha girado un poco (un treceavo) de su trayectoria alrededor del Sol. Así, el ángulo según el cual el Sol ilumina la luna ha variado desde nuestra privilegiada posición terrestre. Ahora bien, el plano de la órbita lunar alrededor de la tierra corta el plano de la órbita terrestre alrededor del Sol en dos puntos —opuestos entre sí— llamados *nodos* de la órbita lunar. Un mes nodal o dracónico es el lapso de tiempo que tarda la luna en regresar a un mismo nodo y dura 27,21220 días. Estos nodos se desplazan, completando un circuito aparente, en 18,6 años debido a las fuerzas gravitatorias, fundamentalmente la provocada por la presencia del Sol. Por último, está también el mes anomalístico de 27,55455 días de duración, es decir, el tiempo que tarda la luna en completar una trayectoria alrededor de la tierra respecto al punto más cercano de su órbita. A continuación, ofrecemos una pequeña tabla de las diversas definiciones del año y del mes.

--

(\*)Ello resulta más evidente en inglés que en castellano, pues mes es "month" y luna es "moon". (N. del T.)

--

#### TIPOS DE AÑOS Y MESES, SISTEMA TIERRA-LUNA

##### *Años*

Año sidéreo	365,2564 días solares medios
Año trópico	365,242199 días
Año anomalístico	365,2596 días

##### Meses

Mes sidéreo	27,32166 días
Mes sinódico	29,530588 días
Mes nodal o dracónico	27,21220 días
Mes anomalístico	27,55455 días

Ahora bien, la demostración principal de Bloom sobre la existencia de Dios se basa en escoger uno de los tipos de año, multiplicarlo por 19 y dividir a continuación por uno de los tipos de meses. Como los años sidéreo, trópico y anomalístico son tan parecidos en cuanto a duración, se obtiene prácticamente el mismo resultado independientemente de la elección. Pero no ocurre lo mismo con los meses. Hay cuatro tipos de meses y cada uno de

ellos proporciona resultados distintos. Al preguntarnos cuantos meses sinódicos hay en 19 años sidéreos, se obtiene el resultado 235,00621, tal como se anunciaba.

Es precisamente la semejanza de ese número con un número entero lo que constituye la coincidencia fundamental de la tesis de Bloom. Evidentemente, Bloom cree que no se trata de una coincidencia.

Pero si en lugar de ello nos preguntamos cuántos meses sidéreos hay en diecinueve años sidéreos, el resultado será 254,00622; en el caso de los meses nodales será 255,02795 y en el de meses anomalísticos será 251,85937. Es cierto que el mes sinódico es el más aparente para la observación a simple vista; sin embargo, tengo la impresión de que podrían elaborarse especulaciones teológicas igualmente elaboradas tanto sobre la base de 252, 254 ó 255 como a partir de 235.

Hay que preguntarse también de dónde viene el número 19 que aparece en su argumento. La única justificación se encuentra en el encantador Salmo 19 de David, cuyo inicio es como sigue: *"Los cielos declaran la gloria de Dios y el firmamento muestra su realización. Día a día pronuncia su discurso y noche a noche muestra su sabiduría"*. Esta parece ser una cita muy adecuada en la cual encontrar una indicación para una demostración astronómica de la existencia de Dios. Pero el argumento asume lo que pretende demostrar. El argumento tampoco es único. Consideremos, por ejemplo, el Salmo 11, igualmente escrito por David. En éste encontramos las siguientes palabras, que podrían servir también en el asunto: *"El Señor está en su templo sagrado, el trono del Señor está en los cielos; sus ojos contemplan, sus párpados ponen a prueba a los hijos de los hombres"*, y en el siguiente Salmo continúa con *"los hijos de los hombres... hablan de vanidad"*.

Ahora, si nos preguntamos cuántos meses sinódicos hay en once años sidéreos (ó 4017,8204 días solares medios), el resultado será de 136,05623. Así pues, de igual forma que parece haber una conexión entre diecinueve años y 235 lunaciones, hay una conexión entre once años y 136 lunaciones. Mas aún, el famoso astrónomo británico sir Arthur Stanley Eddington creía que podía deducirse toda la física a partir del número 136. (En una ocasión sugerí a Bloom que con la información anterior y una pizca de fuerza intelectual, se podría reconstruir también toda la historia de Bosnia).

Una coincidencia de ese tipo, que tiene efectivamente una gran significación, era ya conocida por los Babilonios, contemporáneos de los antiguos Hebreos. Se trata del *Saros*. Es el período entre dos sucesivos cielos semejantes de eclipses. En un eclipse solar, la Luna, que se ve desde la Tierra tan grande ( $1/2^\circ$ ) como el Sol, pasa por delante de éste. En un eclipse lunar, la sombra de la Tierra ha de proyectarse sobre la Luna. Para que se produzca cualquiera de los dos tipos de eclipse, la Luna ha de estar en fase de luna nueva o de luna llena, de forma que la Tierra, la Luna y el Sol estén alineados. Así pues, el mes sinódico tiene evidentemente algo que ver con la periodicidad de los eclipses. Pero para que se produzca un eclipse, la Luna también tiene que encontrarse cerca de uno de los nodos de su órbita. Por tanto, también interviene el mes nodal. Resulta que 233 meses sinódicos equivalen a 241,9989 (prácticamente 242) meses nodales, lo cual equivale a su vez a algo más de dieciocho años y diez u once días (serán 111 el número de años bisiestos que intervengan) y constituye el *Saros*. ¿Coincidencia?

De hecho, en el sistema solar son bastante frecuentes las coincidencias numéricas de ese tipo. La razón entre el período de giro y el período orbital de Mercurio es de 3 a 2. Venus muestra a la Tierra la misma cara en su aproximación máxima en cada una de sus revoluciones alrededor del Sol. Una partícula en el espacio comprendido entre los dos anillos principales de Saturno, en la *división de Cassini*, giraría alrededor de Saturno con un período precisamente igual a la mitad del de Mimas, su segundo satélite. Análogamente, en el anillo de asteroides existen regiones vacías, conocidas con el nombre de *espacios de Kirkwood*, que corresponden a asteroides inexistentes, cuyos períodos serían la mitad del de Júpiter, un tercio, dos quintos, tres quintos, y así sucesivamente.

Ninguna de esas coincidencias numéricas prueba la existencia de Dios —y si la prueba, el argumento debe ser muy sutil, dado que esos efectos se deben a resonancias—. Por ejemplo, un asteroide que se precipitase en uno de los Espacios de Kirkwood experimentaría un bombeo gravitatorio periódico por parte de Júpiter. Mientras el asteroide daría dos vueltas alrededor del Sol, Júpiter completaría una órbita. Helo ahí, coincidiendo en el mismo punto de la órbita del asteroide a cada revolución. Pronto dejaría el asteroide de ocupar ese espacio. Estas proporciones inconmensurables de números enteros son, por lo general, consecuencias de resonancias gravitatorias en el sistema solar. Es un tipo de selección natural por perturbaciones. Con tiempo suficiente —y tiempo es de lo que dispone en abundancia el sistema solar— tales resonancias se producirán inevitablemente.

Que el resultado general de las perturbaciones planetarias son resonancias estables y no colisiones catastróficas fue demostrado por primera vez, a partir de la teoría gravitatoria newtoniana, por Pierre Simon, marqués de Laplace, quien describió el sistema solar como *"un gran péndulo de la eternidad que bate edades así como un péndulo bate segundos"*. Ahora bien, la elegancia y la simplicidad de la gravitación newtoniana pueden utilizarse como argumentos para la existencia de Dios. Podríamos imaginar universos con otras leyes gravitatorias y con interacciones planetarias mucho más caóticas. Pero en la mayoría de esos universos no hubiésemos evolucionado, precisamente a causa del caos. Estas resonancias gravitatorias no demuestran la existencia de Dios, pero, si efectivamente existe, demuestran, utilizando las palabras de Einstein, que aun siendo sutil no es maléfico.

Bloom persiste en su empeño. Por ejemplo, ha demostrado la predestinación de los Estados Unidos de América basándose en la preeminencia del número 13 en los resultados de los partidos de béisbol de primera división correspondientes a la jornada del 4 de julio de 1976. Ha aceptado mi reto y ha empezado a trabajar en el intento de deducir parte de la historia de Bosnia a partir de la numerología —por lo menos el asesinato del Archiduque Fernando en Sarajevo, el acontecimiento que precipitó la Primera Guerra Mundial—. Uno de sus argumentos utiliza la fecha en la cual sir Arthur Stanley Eddington realizó su charla sobre su número místico 136 en la Universidad Cornell, en la que enseñó. Incluso ha llegado a hacer unos cálculos utilizando mi fecha de nacimiento para demostrar que también yo formo parte de un plan cósmico. Esos y otros casos parecidos me convencen de que Bloom no puede demostrar nada.

De hecho, Norman Bloom es una especie de genio. Si se estudia un número suficiente de fenómenos independientes y se buscan correlaciones, es evidente que se encontrará alguna. Si solo tenemos conocimiento de las coincidencias y no del enorme esfuerzo y de los múltiples intentos fracasados que han precedido al descubrimiento, podemos pensar que se ha alcanzado algo nuevo e importante. Se trata tan sólo de lo que los estadísticos llaman *la falacia de la enumeración de circunstancias favorables*. Pero encontrar tantas coincidencias como ha encontrado Norman Bloom requiere una gran pericia y mucha dedicación. En cierta forma es un objetivo desesperado, y tal vez imposible, demostrar la existencia de Dios mediante coincidencias numéricas a un público falto de interés, por no mencionar su falta de preparación matemática. Es fácil imaginar las contribuciones que el talento de Bloom hubiese podido proporcionar en otro campo. Pero creo que hay algo glorioso en su vehemente dedicación y su muy considerable intuición aritmética. Es una mezcla de talentos conferida por Dios, como alguien podría decir.

## 9. CIENCIA FICCIÓN: UN PUNTO DE VISTA PERSONAL

El ojo del poeta, girando en medio de su  
arrobamiento,

pasea sus miradas del cielo a la tierra y de la tierra  
al cielo;

y como la imaginación produce

formas de cosas desconocidas, la pluma del poeta

las diseña y da nombre y habitación a cosas etéreas  
que no son nada.

*WILLIAM SHAKESPEARE*

*Sueño de una noche de verano, acto V, escena 1*

Cuando tenía diez años, decidí —desconociendo casi por completo la dificultad del problema— que el universo estaba lleno. Había demasiados lugares como para que éste fuese el único planeta habitado. Y a juzgar por la variedad de formas de vida en la Tierra (los árboles resultan bastante distintos comparados a la mayoría de mis amigos), pensé que la vida en otras partes debería ser muy distinta. Me esforcé por imaginar cómo podría ser la vida, pero a pesar de todo el empeño puesto en ello, siempre resultaba algún tipo de quimera terrestre, o alguna variación de las plantas y animales existentes.

Por aquella época, gracias a un amigo, conocí las novelas de Edgar Rice Burroughs sobre el planeta Marte. No había pensado mucho en Marte hasta entonces, pero a través de las aventuras de John Carter, el personaje de Burroughs, se me presentaba un mundo extraterrestre habitado, sorprendentemente variado: antiguas profundidades marinas, estaciones de bombeo en grandes canales y una multiplicidad de seres, algunos de ellos exóticos, como por ejemplo las bestias de carga de ocho patas.

La lectura de estas novelas resultaba estimulante en un principio, pero luego, poco a poco, empezaron a surgir las dudas. La trama de la primera novela sobre John Carter que leí se basaba en su olvido de que el año es más largo en Marte que en la Tierra. Pero a mí me pareció que cuando se va a otro planeta, una de las primeras cosas que uno haría es la de enterarse de la duración del día y del año (incidentalmente, no recuerdo que Carter mencionase el notable hecho de que el día marciano es casi tan largo como el día terrestre. Es como si *esperase* que se reprodujesen las características habituales de su planeta natal en cualquier otro sitio). Había también otras observaciones menores en un principio sorprendentes, pero que tras una serena reflexión resultaban decepcionantes. Por ejemplo, Burroughs comenta de pasada que en Marte existen dos colores primarios más que en la Tierra. Estuve muchos minutos con los ojos fuertemente cerrados, concentrándome en un nuevo color primario. Pero siempre veía un marrón oscuro parecido al de las pasas. ¿Cómo podía haber otro color primario en Marte, y mucho menos dos? ¿Qué *era* un color primario? ¿Era algo que tenía que ver con la física o con la psicología? Decidí que Burroughs podía no saber de qué estaba hablando, pero que conseguía hacer reflexionar a sus lectores. Y en los numerosos capítulos en los que no había mucho que pensar, había afortunadamente, en cambio, malignos enemigos y valientes espadachines; más que suficiente para mantener el interés de un ciudadano de diez años durante un verano en Brooklyn.

Un año más tarde, di por pura casualidad con una revista titulada *Astounding Science Fiction* en una tienda del barrio. Una rápida ojeada a la portada y al interior me hicieron saber que era lo que había estado buscando. No sin esfuerzo junté el dinero para pagarla; la abrí al azar, me senté en un banco a menos de diez metros de la tienda y leí mi primer cuento moderno de ciencia ficción, *Pete puede arreglarlo*, por Raymond F. Jones, una agradable historia de viajes a través del tiempo después del holocausto de una guerra nuclear. Había oído hablar de la bomba atómica —recuerdo que un amigo mío me explicó muy excitado que estaba compuesta por átomos— pero fue la primera vez que vi planteadas las implicaciones sociales del desarrollo de las armas nucleares. Me hizo pensar. Pero el pequeño aparato que el mecánico Pete colocaba en los automóviles de sus clientes para que pudiesen realizar breves viajes admonitorios por el reino del futuro, ¿en qué consistía? ¿Cómo estaba fabricado? ¿Cómo se podía penetrar en el futuro y luego regresar? Si Raymond F. Jones lo sabía, no lo estaba diciendo.

Me sentí atrapado. Cada mes esperaba impacientemente la salida de *Astounding*. Leí a Julio Verne y a H. G. Wells, leí de cabo a rabo las dos primeras antologías de ciencia ficción que pude encontrar, rellené fichas parecidas a las que rellenaba para los juegos de béisbol sobre la calidad de lo que leía. Muchas de esas historias tenían el mérito de plantear cuestiones interesantes, pero muy poco peso a la hora de responderlas.

Hay una parte de mí que todavía tiene diez años. Pero en conjunto soy mayor. Mis facultades críticas y tal vez también mis preferencias literarias han mejorado. Al releer la obra de L. Ron Hubbard titulada *The End Is Not Yet*, que leí por primera vez cuando tenía catorce años, quede tan sorprendido de lo mala que era respecto a la que recordaba, que me planteé seriamente la posibilidad de que existiesen dos novelas con el mismo título y del mismo autor, pero de calidad totalmente distinta. Pero ya no consigo mantener esa aceptación crédula que había tenido. En *Neutron Star* de Larry Niven, la trama gira alrededor de las sorprendentes fuerzas atractivas ejercidas por un poderoso campo magnético. Pero nos vemos obligados a considerar que dentro de cientos o miles de años, en la época en que un vuelo interestelar es algo común, esas fuerzas atractivas ya han sido olvidadas. Nos vemos obligados a creer que la primera exploración de una estrella de neutrones la llevará a cabo un vehículo espacial tripulado y no un vehículo espacial instrumental. Se nos pide demasiado. En una novela de ideas, las ideas han de funcionar.

Sentí el mismo desasosiego muchos años antes, al leer la descripción de Verne a propósito de que la ingravidez en un viaje a la luna sólo se producía en el punto del espacio en el que las fuerzas gravitatorias de la Tierra y la Luna se anulaban, o al toparme con el invento de Wells de un mineral antigraavitatorio llamado cavorita. ¿Por qué existía un filón de cavorita en la Tierra? ¿Por qué no se precipitó en el espacio hace muchos años? En el filme de ciencia ficción *Silent Running*, de Douglas Trumbull, sobresaliente desde el punto de vista técnico, se mueren los árboles en amplios y cerrados sistemas ecológicos espaciales. Tras semanas de ímprobos trabajos y de una interminable búsqueda en los manuales de botánica, se da con la solución: resulta ser que las plantas necesitan luz solar (!). Además, los personajes de Trumbull son capaces de construir ciudades interplanetarias, pero han olvidado la ley del cuadrado inverso. Estaba dispuesto a pasar por alto la caracterización de los anillos de Saturno como gases coloreados al pastel, pero eso no.

Tuve la misma impresión con una película de la serie *Star Trek*, aunque reconozco que presupone una gran maestría; algunos amigos juiciosos me han apuntado que debo considerarla alegóricamente y no literalmente. Pero cuando los astronautas procedentes de la Tierra llegan a un planeta muy alejado y encuentran allí seres humanos en pleno conflicto entre dos superpotencias nucleares —que se denominan Yangs y Corns, o sus equivalentes fonéticos— la suspensión de la incredulidad se desmorona. En una sociedad terrestre global dentro de siglos y siglos, los oficiales de la nave son embarazosamente Anglo-Americanos. Tan sólo dos de los doce o quince vehículos interestelares tienen nombres no ingleses, *Kongo* y *Potemkin* (¿por qué no *Aurora*?). Y la idea de un cruce fructífero entre un vulcano y un terrestre deja por completo de lado la biología molecular que conocemos (como he hecho observar en algún otro momento, ese cruce tiene tantas probabilidades de éxito como el cruce entre un hombre y una petunia). Según Harlan Ellison, incluso esas



novedades biológicas menores como las orejas puntiagudas de Mr. Spock y sus cejas indisciplinadas eran consideradas excesivamente atrevidas por los promotores de la película; estas enormes diferencias entre Vulcaños y humanos sólo iban a confundir al público, pensaban, y se intentó eliminar todas las características que supusiesen singularidades fisiológicas de los Vulcaños. Se me plantean problemas parecidos en aquellas películas en las que animales conocidos, aunque ligeramente modificados —arañas de diez metros de altura— amenazan ciudades terrestres: dado que los insectos y los arácnidos respiran por difusión, esos merodeadores morirían por asfixia antes de poder destrozarse una ciudad.

Creo que dispongo de las mismas ansias de lo maravilloso que cuando tenía diez años. Pero desde entonces he aprendido algo acerca de cómo está organizado el mundo. La ciencia ficción me ha llevado a la ciencia. Encuentro la ciencia más sutil, más complicada y más aterradora que gran parte de la ciencia ficción. Basta con tener presentes algunos de los descubrimientos científicos de las últimas décadas: que Marte está cubierto por antiguos ríos secos; que los monos pueden aprender lenguajes de centenares de palabras, comprender conceptos abstractos y construir nuevos usos gramaticales; que existen partículas que atraviesan sin esfuerzo toda la Tierra de forma que hay tantas que emergen por debajo de nuestros pies como las que caen desde el cielo; que en la constelación del Cisne hay una estrella doble, uno de cuyos componentes posee una aceleración gravitacional tan elevada que la luz es incapaz de escaparse de él: puede resplandecer por dentro a causa de la radiación, pero resulta invisible desde el exterior. Frente a todo esto, muchas de las ideas corrientes de la ciencia ficción palidecen, en mi opinión, al intentar compararlas. Considero que la relativa ausencia de estos hechos en los relatos y las distorsiones del pensamiento científico que se dan a veces en la ciencia ficción son oportunidades perdidas. La ciencia real puede ser un punto de partida hacia la ficción excitante y estimulante tan bueno como la ciencia falsa, y considero de gran importancia aprovechar todas las oportunidades que permitan inculcar las ideas científicas en una civilización que se basa en la ciencia pero que no hace prácticamente nada para que ésta sea entendida.

Pero lo mejor de la ciencia ficción sigue siendo muy bueno. Hay historias tan sabiamente construidas, tan ricas al ajustar detalles de una sociedad desconocida, que me superan antes de tener ocasión de ser crítico. Entre esas historias hay que citar *The Door into Summer* de Robert Heinlein, *The Stars My Destination* y *The Demolished Man* de Alfred Bester, *Time and Again* de Jack Finney, *Dune* de Frank Herbert y *A Canticle for Leibowitz* de Walter M. Miller. Las ideas contenidas en esos libros hacen pensar. Los aportes de Heinlein sobre la posibilidad y la utilidad social de los robots domésticos soportan perfectamente el paso de los años. Las aportaciones a la ecología terrestre proporcionadas por hipotéticas ecologías extraterrestres, como ocurre en *Dune*, constituyen, en mi opinión, un importante servicio social. En *He Who Shrank*, Harry Hasse presenta una fascinante especulación cosmológica que ha sido reconsiderada seriamente en la actualidad, la idea de un regreso infinito de los universos, en el cual cada una de nuestras partículas elementales es un universo de nivel inferior y nosotros somos una partícula elemental del siguiente universo superior.

Pocas novelas de ciencia ficción combinan extraordinariamente bien una profunda sensibilidad humana con un tema habitual de esta especialidad. Pienso en *Rogue Moon* de Algis Budrys y en muchas de las obras de Ray Bradbury y Theodore Sturgeon, por ejemplo. Como *To Here and the Easel*, de éste último, novela en la cual se describe la esquizofrenia vista desde dentro y constituye una sugerente introducción al *Orlando Furioso* de Ariosto.

El astrónomo Robert S. Richardson escribió una sutil historia de ciencia ficción sobre el origen de la creación continua de los rayos cósmicos. La historia *Breathes There a Man* de Isaac Asimov proporciona una serie de penetrantes observaciones sobre la tensión emocional y el sentido de aislamiento de algunos de los más importantes científicos teóricos. La obra de Arthur C. Clarke *The Nine Billion Names of God* incitó a muchos lectores occidentales a una intrigante especulación sobre las religiones orientales.

Una de las cualidades de la ciencia ficción es la de poder transmitir fragmentos, sugerencias y frases de conocimientos normalmente desconocidos o inaccesibles al lector común. *And He Built a Crooked House* de Heinlein posiblemente fue para muchos lectores la primera introducción a la geometría tetradimensional con alguna posibilidad de ser entendida. En un trabajo de ciencia ficción reciente se presentan las matemáticas del último intento de Einstein en tomo a la teoría del campo unificado; en otro se expone una importante ecuación relativa a la genética de poblaciones. Los robots de Asimov eran «positrónicos», porque se acababa de descubrir el positrón. Asimov nunca explicó cómo los positrones hacían funcionar los robots, pero al menos sus lectores oyeron hablar de positrones. Los robots rodomagnéticos de Jack Williamson funcionaban con rutenio, rodio y paladio, constituyentes del Grupo VII de los metales en la tabla periódica tras el hierro, el níquel y el cobalto. Se sugirió una analogía con el ferromagnetismo. Supongo que en la actualidad hay robots de ciencia ficción en los que intervienen los *quarks* o el *encanto* y que proporcionan una breve puerta de entrada al excitante mundo de la física contemporánea de las partículas elementales. *Last Darkness Fall*, de Sprague de Camp, es una excelente introducción a Roma en la época de la invasión gótica y la serie de *Foundation*, de Asimov, aunque no se explique en los libros, constituye un resumen muy útil de una parte de la dinámica del ya lejano Imperio Romano. Las historias de viajes a través del tiempo —por ejemplo, en los notables ensayos de Heinlein, *All You Zombies*, *By His Kootstraps* y *The Door into Summer*— fuerzan al lector a contemplar la naturaleza de la causalidad y el devenir del tiempo. Son libros sobre los que se reflexiona mientras el agua va llenando la bañera o mientras se pasea por los bosques tras una primera nevada de invierno.

Otra de las grandes cualidades de la moderna ciencia ficción reside en algunas de las formas artísticas que pone de manifiesto. Llegar a tener una imagen mental de cómo debe ser la superficie de otro planeta ya es algo, pero examinar cualquiera de las pinturas meticulosas de la misma escena debidas a Chesley Bonestell en su primera época es algo muy distinto. El sentido del maravilloso mundo astronómico es espléndidamente plasmado por algunos de los mejores artistas contemporáneos: Don Davis, Jon Lomberg, Rick Sternbach, Robert McCall. Y en los versos de Diane Ackerman puede entreverse el anuncio de una poesía astronómica madura, plenamente en sintonía con los temas habituales de la ciencia ficción.

Las ideas de la ciencia ficción se presentan en la actualidad de muy diversas maneras. Tenemos los escritores de ciencia ficción como Isaac Asimov y Arthur C. Clarke, capaces de proporcionar resúmenes convincentes y brillantes en forma no ficticia de muchos aspectos de la ciencia y la sociedad. Algunos científicos contemporáneos han llegado a un público más amplio a través de la ciencia ficción que a través de sus propias disciplinas. Por ejemplo, en la interesante novela *The Listeners*, de James Gunn, se encuentra el siguiente comentario enunciado hace cincuenta años sobre mi colega, el astrónomo Frank Drake: «¡Drake! ¿Qué es lo que sabía?». Pues resultó que mucho. También encontramos verdadera ciencia ficción disfrazada de hechos en una vasta proliferación de escritos y organizaciones de creyentes pseudocientíficos.

Un escritor de ciencia ficción, L. Ron Hubbard, ha fundado un culto con no poca aceptación llamado Cientología, inventado, según me han referido, en una sola noche tras una apuesta, según la cual tenía que hacer lo mismo que Freud, inventar una religión y ganarse la vida con ella. Las ideas clásicas de la ciencia ficción han quedado institucionalizadas en los objetos voladores no identificados y en los sistemas que creen en astronautas de la antigüedad —aunque tengo reparos de no asegurar que Stanley Weinbaum (en *The Valley of Dreams*) lo hizo mejor, y antes, que Erich von Daniken y R. De Witt en *Within the Pyramid* consiguen anticiparse tanto a von Daniken como a Velikovsky y ofrecer una hipótesis del supuesto origen extraterrestre de las pirámides más coherente que la que puede encontrarse en cualquier escrito sobre antiguos astronautas y piramidología—. En *Wine of the Dreamers*, John D. MacDonald (un autor de ciencia ficción actualmente convertido en uno de los escritores contemporáneos de policial negro más interesantes) escribía: «Y existen indicios, en la mitología terrestre..., de grandes naves y carros que cruzaban el cielo». La historia *Farewell to the Master*, escrita por Harry Bates, se convirtió en una película titulada *The Day the Earth Stood Still* (que dejó de lado el elemento esencial

del argumento, que quien tripulaba el vehículo extraterrestre era el robot y no el ser humano). La película, con sus imágenes de un platillo volante sobre el cielo de Washington, jugó un papel importante, en opinión de ciertos investigadores conocidos, en la «oleada» de OVNI sobre Washington D.C. en 1952, apenas posterior al estreno de la película. Muchas novelas populares actuales del género de espionaje, por la frivolidad de sus descripciones y la poca consistencia de sus argumentos, resultan calcadas de aquella ciencia ficción superficial de los años 30 y 40.

La interrelación entre ciencia y ciencia ficción produce resultados curiosos algunas veces. No siempre queda claro si la vida imita al arte o si ocurre al revés. Por ejemplo, Kurt Vonnegut Jr. ha escrito una soberbia novela epistemológica, *The Sirens of Titan*, en la que se postula un medio ambiente no totalmente adverso en la luna mayor de Satumo. Desde que en los últimos años diversos científicos, entre los que me incluyo, hemos presentado indicios de que Titán posee una atmósfera densa y posiblemente temperaturas superiores a las esperadas, muchas personas me han hecho comentarios sobre la predicción de Kurt Vonnegut. Pero Vonnegut era graduado en física por la Universidad de Cornell, y por tanto podía conocer los últimos descubrimientos astronómicos (muchos de los mejores escritores de ciencia ficción tienen una base de ingeniería o de ciencias, como por ejemplo Paul Anderson, Isaac Asimov, Arthur C. Clarke, Hal Clement y Robert Heinlein). En 1944 se descubrió una atmósfera de metano en Titán, el primer satélite del sistema solar del cual se supo que tenía atmósfera. Tanto en éste como en muchos otros casos, el arte imita a la vida.

El problema ha sido que nuestra comprensión de los demás planetas ha crecido más rápidamente que las representaciones que de ellos hace la ciencia ficción. La reconfortante zona de penumbra en un Mercurio en rotación síncrona, un Venus de pantanos y selvas y un Marte infestado de canales son tópicos clásicos de la ciencia ficción, pero todos ellos se basan en anteriores equivocaciones de los astrónomos planetarios. Las ideas erróneas se transcribían fielmente en los relatos de ciencia ficción, leídos por muchos de los jóvenes que irían a convertirse en la siguiente generación de astrónomos planetarios —por tanto, estimulando el interés de los jóvenes, pero simultáneamente dificultando aún más la corrección de las equivocaciones de los mayores—. Pero al ir variando nuestro conocimiento de los planetas, también ha variado el contexto de los correspondientes relatos de ciencia ficción. Ya resulta poco frecuente encontrar relatos escritos en la actualidad en los que aparezcan campos de algas sobre la superficie de Venus (incidentalmente, cabe decir que los propagandistas del mito acerca de los contactos con OVNI se adaptan más lentamente y todavía podemos encontrar historias de platillos volantes procedentes de un Venus habitado por hermosos seres con túnicas blancas, de una especie de cierto Jardín del Edén. Las temperaturas de 480° C existentes en Venus proporcionan una forma de verificar la veracidad de tales relatos). Asimismo, la idea de una “curvatura del espacio” es un viejo recurso de la ciencia ficción, pero que no nació de ella. Surgió de la Teoría General de la Relatividad de Einstein.

La relación entre las descripciones que de Marte hace la ciencia ficción y la exploración actual del planeta es tan estrecha, que después de la misión del *Mariner 9* a Marte somos capaces de atribuir a algunos cráteres marcianos nombres de personalidades fallecidas del mundo de la ciencia ficción (véase el capítulo 11). Así, en Marte hay cráteres llamados H. G. Wells, Edgar Rice Burroughs, Stanley Weinbaum y John W. Campbell, Jr. Estos nombres han sido aprobados oficialmente por la *International Astronomical Union*. Sin duda alguna, a esos nombres se agregarán los de otras personalidades de la ciencia ficción tan pronto como fallezcan.

El enorme interés que despierta en los jóvenes la ciencia ficción se refleja en las películas, los programas de televisión, los comics y en la demanda de relatos ciencia ficción en la enseñanza secundaria y superior. Mi experiencia personal es la de que tales cursos pueden convertirse en interesantes experiencias educativas o en desastres, en función de cómo se programen. Los cursos en los que las lecturas son seleccionadas por los propios estudiantes no les proporcionarán la oportunidad de leer lo que no han leído. Los cursos en los que no se intenta extender la línea argumental de la ciencia ficción para situar los elementos

científicos adecuados dejarán de aprovechar una gran oportunidad educativa. Pero los cursos de ciencia ficción programados adecuadamente, en los que la ciencia o la política constituyen un componente integral, tienen en mi opinión una larga y provechosa vida en los planes de estudio.

La mayor significación de la ciencia ficción para el hombre puede darse en tanto que experimento sobre el devenir, como exploración de destinos alternativos, como intento de minimizar el choque del futuro. Esta es parte de la razón por la cual la ciencia ficción presenta interés para los jóvenes: son *ellos* quienes vivirán el futuro. Creo firmemente que ninguna sociedad actual se encuentra bien adaptada para la Tierra de dentro de uno o dos siglos (si somos lo suficientemente prudentes o afortunados para sobrevivir hasta entonces). Necesitamos desesperadamente una exploración de futuros alternativos, tanto experimentales como conceptuales. Las novelas y los relatos de Eric Frank Russell apuntan mucho en este sentido. En ellos podemos encontrar sistemas económicos alternativos imaginables, o la gran eficacia de una resistencia pasiva unificada ante un poder invasor. En la ciencia ficción moderna también se pueden encontrar sugerencias útiles para llevar a cabo una revolución en una sociedad tecnológica muy mecanizada, como en *The Moon Is a Harsh Mistress*, de Heinlein.

Cuando estas ideas se asimilan en la juventud, pueden influir en el comportamiento adulto. Muchos científicos que dedican sus esfuerzos a la exploración del sistema solar (entre los que me incluyo) se orientaron por primera vez hacia ese campo gracias a la ciencia ficción. Y el hecho de que parte de la ciencia ficción no fuese de gran calidad no tiene mayor importancia. Los jóvenes de diez años no leen literatura científica.

No sé si es factible viajar a través del tiempo hacia el pasado. Los problemas de causalidad que eso supondría me hacen ser muy escéptico. Pero hay gente que piensa en ello. Las que han dado en llamarse *líneas temporales cerradas* —trayectorias en el espacio-tiempo que permiten viajar a través del tiempo sin restricciones— aparecen en algunas soluciones de las ecuaciones de campo en la relatividad general. Una pretensión reciente, tal vez errónea, es la de que las líneas temporales aparecen en las proximidades de los grandes cilindros en rotación rápida. Me pregunto hasta qué punto ha influido la ciencia ficción en los problemas de la relatividad general. De la misma manera, los encuentros de la ciencia ficción con características culturales alternativas pueden desempeñar un papel importante en la actualización del cambio social fundamental.

En toda la historia del mundo no ha habido ninguna época en la que se hayan producido tantos cambios significativos como en ésta. La predisposición al cambio, la búsqueda reflexiva de futuros alternativos es la clave para la supervivencia de la civilización y tal vez de la especie humana. La nuestra es la primera generación que se ha desarrollado con las ideas de la ciencia ficción. Conozco muchos jóvenes que evidentemente se interesarían, pero que no quedarían pasmados, si recibiésemos un mensaje procedente de una civilización extraterrestre. Ellos ya se han acomodado al futuro. Creo que no es ninguna exageración decir que, si sobrevivimos, la ciencia ficción habrá hecho una contribución vital a la continuación y evolución de nuestra civilización.

## Tercera Parte: NUESTRO ESPACIO PRÓXIMO

### 10. LA FAMILIA DEL SOL

*Como una lluvia de estrellas, los mundos giran, arrastrados por los vientos de los cielos, y son transportados a través de la inmensidad; soles, tierras, satélites, cometas, estrellas fugaces, humanidades, cunas, sepulturas, átomos del infinito, segundos de eternidad, transforman continuamente los seres y las cosas.*

CAMILLE FLAMMARION, *Astronomic Populaire*

Imaginemos que la Tierra hubiese sido escrutada por algún cuidadoso y extremadamente paciente observador extraterrestre: hace 4.600 millones de años el planeta completaba su condensación a partir de gas y polvo interestelar y los últimos y diminutos planetas se precipitaban sobre la Tierra produciendo enormes cráteres de impacto; el interior del planeta va elevando su temperatura gracias a la energía potencial gravitatoria de acreción y a la desintegración radiactiva, diferenciando el núcleo de hierro líquido del manto y la corteza silíceas; gases ricos en hidrógeno y en agua susceptible de condensarse fluyen desde el interior del planeta hacia la superficie; una química orgánica cósmica bastante monótona fabrica moléculas complejas que apuntan hacia sistemas moleculares de autoduplicación extraordinariamente sencillos: los primeros organismos terrestres; a medida que va disminuyendo el suministro de rocas interplanetarias que caen sobre la Tierra, las aguas corrientes, la formación de montañas y otros procesos geológicos destruyen las cicatrices existentes desde el origen de la Tierra; se establece un amplio mecanismo planetario de convección que transporta material del manto hasta los fondos oceánicos y de ahí a los márgenes continentales, mientras el roce de las placas en movimiento crea las grandes cadenas de plegamientos montañosos y la configuración general de las tierras y los océanos, modificando continuamente el terreno tropical y glacial. Al mismo tiempo, la selección natural escoge, de entre una amplia variedad de alternativas, aquellas variedades de sistemas moleculares de autoduplicación mejor adaptadas a los cambios ambientales; las plantas van utilizando luz visible para descomponer el agua en hidrógeno y oxígeno y el hidrógeno escapa al espacio, modificando la composición química de la atmósfera de reductora a oxidante; eventualmente, surgen organismos de cierta complejidad y de inteligencia media.

Y en esos 4.600 millones de años, nuestro hipotético observador queda sorprendido por el aislamiento de la Tierra. Recibe luz solar y rayos cósmicos —de gran importancia para la biología— e impactos ocasionales de restos interplanetarios. Pero ninguno, en todos esos eones de tiempo, abandona el planeta. Entonces el planeta empieza súbitamente a expulsar pequeños agregados de materia hacia el sistema solar interno, colocándolos primero en órbita alrededor de la Tierra y posteriormente en el satélite natural yermo y sin vida, la Luna. Seis cápsulas —pequeñas, aunque mayores que las demás— alcanzan la Luna, cada una de ellas con dos pequeños bípedos que exploran brevemente su entorno y regresan apresuradamente a la Tierra, habiendo dado de esta forma un primer paso en el océano cósmico. Once pequeños vehículos espaciales penetran en la atmósfera de Venus, un mundo realmente duro, y seis de ellos consiguen sobrevivir unas decenas de minutos antes de derretirse. Se lanzan ocho vehículos espaciales con destino a Marte. Tres consiguen ponerse en órbita alrededor del planeta; otro pasa cerca de Venus, en dirección hacia Mercurio, según una trayectoria escogida a propósito para hacerlo pasar varias veces cerca del planeta más interior. Otros cuatro logran atravesar con éxito el anillo de asteroides, se

acercan a Júpiter y de ahí son proyectados hacia el espacio interestelar por la gravedad del planeta mayor. Resulta evidente que algo interesante está sucediendo últimamente en el planeta Tierra.

Si los 4.600 millones de años de la historia de la Tierra pudiesen comprimirse en un solo año, este frenesí de exploración espacial hubiese ocupado la última décima de segundo, y los cambios fundamentales en la actitud y en el conocimiento que explican esa importante transformación ocupaba tan sólo los últimos segundos. En el siglo xvii se produjo la primera utilización generalizada de lentes y espejos con fines astronómicos. Con el primer telescopio astronómico, Galileo quedó sorprendido y maravillado al ver a Venus como una lúnula, y también las montañas y los cráteres de la Luna. Johannes Kepler pensaba que los cráteres los habían construido seres inteligentes, habitantes de ese mundo. Pero el físico holandés del siglo xvii Christian Huygens no se mostraba de acuerdo; sugirió que el esfuerzo que debía realizarse para construir esos cráteres lunares era desproporcionadamente grande y que debía haber explicaciones alternativas para esas depresiones circulares.

Huygens constituía un ejemplo de la síntesis entre una tecnología avanzada, una gran destreza práctica, una mente razonable, aguda y escéptica y una buena predisposición ante las nuevas ideas. Fue el primero en sugerir que lo que vemos es la atmósfera y las nubes sobre Venus; el primero en comprender algo de la verdadera naturaleza de los anillos de Saturno (que Galileo había considerado como dos *masas* circundando el planeta); el primero en dibujar una zona notable de la superficie marciana (*Syrtis Major*); y el segundo, tras Robert Hooke, en dibujar la Gran Mancha Roja de Júpiter. Estas dos últimas observaciones siguen teniendo importancia científica, puesto que significan la permanencia de esas características por lo menos durante tres siglos.

Evidentemente, Huygens no era un astrónomo moderno tal como lo entendemos hoy. No pudo sustraerse totalmente a la forma de pensar de su tiempo. Por ejemplo, sostenía un curioso argumento del que podía deducir la presencia de cañamo en Júpiter: Galileo había observado que Júpiter tenía cuatro lunas. Huygens formuló una pregunta que muy pocos astrónomos planetarios modernos se harían: ¿Por *qué* Júpiter tiene cuatro lunas? Para poder responder a esa pregunta, pensaba, habría que plantearse la misma cuestión a propósito de la única luna de la Tierra, cuya función, además de proporcionar algo de luz por la noche y de provocar las mareas, consistía en ofrecer una ayuda a la navegación de los marinos. Si Júpiter dispone de cuatro lunas, tiene que haber muchos marinos en aquel planeta. Pero al haber marinos, hay barcos y, por tanto, velas; al haber velas, hay cuerdas y, por tanto, cañamo. Me pregunto cuantos sólidos argumentos científicos actuales resultarían igualmente sospechosos con la perspectiva de tres siglos.

Un índice útil de nuestro conocimiento sobre un planeta es el número de bits de información necesarios para caracterizar nuestra comprensión de su superficie. Podemos considerarlo como el número de puntos blancos y negros en el equivalente de una foto de periódico que, cubriendo toda la extensión con los brazos abiertos, resumiese todo el conjunto de imágenes existentes. En el tiempo de Huygens, unos diez bits de información, obtenidos mediante breves observaciones con telescopios, cubrían todo nuestro conocimiento de la superficie de Marte. En la época de máxima proximidad entre Marte y la Tierra, en el año 1877, ese número posiblemente ascendiese a unos miles, excluyendo una gran cantidad de información errónea —por ejemplo, dibujos de los *canales* de los que, en la actualidad, se sabe que son totalmente ilusorios. Gracias a la observación visual posterior y al desarrollo de la fotografía astronómica desde la Tierra, la cantidad de información fue creciendo lentamente hasta que se produjo un punto singular en la curva, que corresponde al acontecimiento de la exploración del planeta mediante un vehículo.

Las veinte fotografías obtenidas en 1965 por el vuelo de aproximación del Mariner 4 supusieron cinco millones de bits de información, cantidad que equivale a todo el conocimiento fotográfico previo sobre el planeta. Sin embargo, sólo llegó a cubrirse una pequeña fracción. La misión de aproximación compuesta por los Mariner 6 y 7, en 1969, hizo aumentar ese número en un factor 100 y el vehículo orbital Mariner 9, en 1971 y 1972, volvió a aumentarlo en otro factor 100. Los resultados fotográficos del Mariner 9 sobre

Marte corresponden aproximadamente a unas 10.000 veces el total del conocimiento fotográfico previo de Marte obtenido a lo largo de la historia de la humanidad. Podría hablarse de avances parecidos en cuanto a los datos espectroscópicos en infrarrojo y ultravioleta obtenidos por el Mariner 9 si se comparan con los mejores datos previos obtenidos desde la Tierra.

Paralelamente a los progresos en la cantidad de nuestra información, se da también un avance espectacular de su calidad. Antes del Mariner 4, el elemento más pequeño de la superficie de Marte que podía detectarse con ciertas garantías media varios centenares de kilómetros. Después del Mariner 9, un pequeño porcentaje del planeta ha podido observarse con una resolución efectiva de 100 metros, una mejora de la resolución en un factor 1.000 en los diez últimos años y en un factor 10.000 desde el tiempo de Huygens. El proyecto Viking ha de proporcionar todavía más mejoras. Y sólo gracias a esas mejoras conocemos hoy los grandes volcanes, los casquetes polares, los sinuosos canales tributarios, las grandes depresiones, los campos de dunas, las franjas de polvo asociadas a los cráteres y muchas otras características, misteriosas e instructivas, del medio ambiente marciano.

Para comprender un planeta recién explorado se requiere tanto resolución como recubrimiento. Por ejemplo, aún con una resolución excelente, los Mariner 4, 6 y 7 observaron, por una desgraciada coincidencia, la parte vieja de Marte repleta de cráteres y de relativamente poco interés y no dieron ninguna información sobre el tercio joven y activo, desde el punto de vista geológico, del planeta, que fue explorado por el Mariner 9. La fotografía orbital no puede detectar vida sobre la Tierra hasta no utilizar una resolución de 100 metros, punto en el que las formas geométricas de las ciudades y los campos de nuestra civilización tecnológica empiezan a ser evidentes. Si hubiese existido en Marte una civilización comparable a la nuestra por su extensión y nivel de desarrollo, sólo se hubiese podido detectar fotográficamente gracias a las misiones Mariner 9 y Viking. No hay razón alguna para esperar la existencia de civilizaciones de ese tipo en los planetas próximos, pero la comparación ilustra de forma llamativa que tan solo estamos empezando un reconocimiento adecuado de los mundos cercanos.

No hay motivos para pensar que no espera la sorpresa y el deleite a medida que vayan mejorando la resolución y el recubrimiento fotográficos y se consigan progresos comparables en la espectroscopia y otros métodos.

La mayor organización profesional de científicos planetarios en todo el mundo es la División para las Ciencias Planetarias de la Sociedad Astronómica Americana. El vigor de esta ciencia en formación queda patente en las reuniones de la sociedad. En la reunión anual de 1975, por ejemplo, se anunció el descubrimiento de vapor de agua en la atmósfera de Júpiter, de etano en Saturno, de posibles hidrocarburos en el asteroide Vesta, de una presión atmosférica próxima a la de la Tierra en la luna de Saturno, Titán, de erupciones de ondas de radio decamétricas en Saturno, la detección por radar de la luna de Júpiter, Ganímedes, la elaboración del espectro de emisión de radio de la luna de Júpiter, Calixto, por no mencionar la información sobre Mercurio y Júpiter (y sus magnetosferas) aportadas por los experimentos Mariner 10 y Pioneer 11. En las siguientes reuniones se aportaron asimismo avances de la misma importancia.

De esta avalancha de interesantes descubrimientos recientes no ha surgido todavía un modelo general sobre el origen y la evolución de los planetas, pero el tema cuenta actualmente con una gran riqueza de sugerencias estimulantes y suposiciones viables. Empieza a quedar claro que el estudio de cualquiera de los planetas incrementa nuestros conocimientos de los restantes y que, si aspiramos a comprender globalmente la Tierra, tenemos que tener un conocimiento amplio de los demás planetas. Por ejemplo, una sugerencia actualmente en boga, que yo propuse por primera vez en 1960, es la de que las elevadas temperaturas de la superficie de Venus se deben a un fugitivo efecto de invernadero por el que el agua y el dióxido de carbono de una atmósfera planetaria impiden la emisión de radiación térmica infrarroja desde la superficie hacia el espacio; entonces, la temperatura superficial se eleva hasta alcanzar el equilibrio entre la luz visible que llega a la superficie y la radiación infrarroja que ésta emite; esta temperatura superficial más elevada

supone una mayor presión de vapor de los gases del invernadero, dióxido de carbono y agua; y así sucesivamente hasta que el dióxido de carbono y el vapor de agua están en fase de vapor, produciendo un planeta con una presión atmosférica y una temperatura superficial elevadas.

Ahora bien, la razón por la cual Venus posee una atmósfera de esas características, y no así la Tierra, parece radicar en un incremento relativamente pequeño de la luz solar. Si el Sol fuese más brillante o si la superficie y las nubes terrestres fuesen más oscuras, ¿podría convertirse la Tierra en una reproducción de la visión clásica del Infierno? Venus puede constituir una llamada de atención para nuestra civilización técnica que posee la capacidad de modificar en profundidad el medio ambiente terrestre.

A pesar de la expectativa de casi todos los científicos planetarios, Marte aparece cubierto por miles de sinuosos canales tributarios de una antigüedad probable de varios miles de millones de años. En las condiciones atmosféricas actuales, muchos de estos canales posiblemente no han podido ser excavados ni por agua corriente ni por CO<sub>2</sub> corriente; requieren presiones mucho más elevadas y posiblemente temperaturas polares superiores. Por tanto, los canales —así como el terreno polar laminado de Marte— pueden atestiguar por lo menos una, o tal vez muchas épocas anteriores de condiciones climáticas más suaves, poniendo así de manifiesto la incidencia de grandes variaciones climáticas a lo largo de la historia del planeta. No sabemos si dichas variaciones tienen causas de tipo interno o externo. Si son de tipo interno, resultaría interesante ver si la Tierra puede, a través de la actividad del hombre, alcanzar un grado marciano de excursiones climáticas —algo mucho mayor de lo que ha experimentado, por lo menos en los últimos tiempos—. Si las variaciones climáticas marcianas tienen causas externas —por ejemplo, variaciones de la luminosidad solar—; entonces resultaría extraordinariamente prometedora una correlación de la paleoclimatología marciana con la terrestre.

El Mariner 9 llegó a Marte en medio de una gran tormenta de polvo, y los datos permitieron una comprobación por medio de la observación de si esas tormentas calientan o enfrían la superficie del planeta. Cualquier teoría que pretenda predecir las consecuencias climáticas de los cada vez más numerosos aerosoles en la atmósfera de la Tierra ha de ser capaz de dar una respuesta correcta a la tormenta global de polvo observada por el Mariner 9. A partir de la experiencia del Mariner 9, James Pollack, del NASA Ames Research Center, Brian Toon, de Cornell, y yo mismo hemos calculado los efectos de explosiones volcánicas individuales y múltiples sobre el clima de la Tierra y hemos conseguido reproducir, dentro del margen de error experimental, los efectos climáticos observados después de grandes explosiones en nuestro planeta. La perspectiva de la astronomía planetaria, que nos permite considerar cualquier planeta como un todo, puede proporcionar una excelente formación para los estudios sobre la Tierra.

Otro ejemplo de este tipo de retroalimentación de las observaciones terrestres, a partir de los estudios planetarios, es que uno de los principales equipos que estudian el efecto sobre la ozonosfera terrestre de la utilización de propulsores halocarbonados en aerosoles en lata está dirigido por M. B. McElroy de la Universidad de Harvard, un equipo que, para ese problema, ha estudiado intensamente la aeronomía de la atmósfera de Venus.

En la actualidad, gracias a las observaciones mediante vehículos espaciales, conocemos algo de la densidad superficial de cráteres de impacto de distintos tamaños en los casos de Mercurio, la Luna, Marte y sus satélites; los estudios con radar están empezando a proporcionar esa información en el caso de Venus y, aunque aparece muy erosionada por el agua corriente y la actividad tectónica, disponemos de alguna información acerca de los cráteres sobre la superficie terrestre. Si la población de objetos productores de tales impactos fuese la misma para todos esos planetas, sería posible establecer tanto una cronología absoluta como una relativa de las superficies de los cráteres. Pero todavía no sabemos si las poblaciones de objetos que chocan son generales —todas ellas procedentes del cinturón de asteroides, por ejemplo— o locales; por ejemplo, el barrido de anillos de restos aparecidos en las últimas etapas de la creación planetaria.



Los parajes montañosos lunares salpicados de cráteres evidencian una época primigenia de la historia del sistema solar en la cual la formación de cráteres era mucho más frecuente que ahora; la población actual de restos no consigue, por un factor considerable, explicar la abundancia de cráteres mucho menor, cosa que puede explicarse a través de la población actual de restos interplanetarios, compuesta fundamentalmente por asteroides y tal vez cometas muertos. En superficies planetarias con no demasiados cráteres, se puede deducir algo acerca de su edad absoluta, muchas cosas sobre su edad relativa y, en algunos casos, incluso algo acerca de la distribución de tamaños en la población de objetos que dieron lugar a los cráteres. En Marte, por ejemplo, se observa que las laderas de las grandes montañas volcánicas carecen prácticamente de impactos de cráteres, lo cual supone su mayor juventud comparativa; no estuvieron allí el tiempo suficiente para acumular muchas hendiduras de impacto. Esta es la base que permite afirmar que los volcanes marcianos constituyen un fenómeno comparativamente reciente.

El fin último de la planetología comparada, a mi entender, es algo así como un gran programa de computadora al que se le dan algunos parámetros de partida —tal vez los valores iniciales de la masa, la composición, el momento angular y la población de objetos próximos capaces de producir impactos— y de ahí sale la evolución temporal del planeta. Estamos muy lejos hoy de tener un conocimiento tan profundo de la evolución planetaria, pero estamos mucho más cerca de lo que hubiese podido pensarse hace tan sólo unas décadas.

Cada nueva serie de descubrimientos plantea una multitud de preguntas que antes no éramos ni siquiera capaces de formular. Bastará con mencionar algunas de ellas. Hoy empieza a poderse comparar la composición de los asteroides con la composición de los meteoritos caídos sobre la Tierra (ver capítulo 15). Los asteroides parecen poder clasificarse fácilmente en objetos ricos en silicatos y objetos ricos en materia orgánica. Una consecuencia inmediata es que el asteroide menos masivo, Vesta, sí puede diferenciarse. Pero nuestros conocimientos actuales indican que la diferenciación planetaria se produce por encima de una cierta masa crítica. ¿Puede ser Vesta un resto de un cuerpo mucho mayor, hoy ajeno al sistema solar? La observación inicial por radar de los cráteres de Venus indica que estos son muy poco profundos. Y sin embargo no existe agua líquida que erosione la superficie de Venus y la baja atmósfera de Venus parece moverse con una velocidad tan pequeña que el polvo no es capaz de llenar los cráteres. ¿Podría ser la fuente del relleno de los cráteres de Venus un lento colapso de una superficie muy débilmente derretida, algo así como la melaza?

La teoría más extendida sobre la generación de los campos magnéticos planetarios requiere corrientes de convección inducidas por la rotación en un núcleo planetario conductor. Mercurio, que gira sobre sí mismo cada cincuenta y cinco días, debía tener, según ese esquema, un campo magnético no detectable. Sin embargo el campo está manifiestamente allí, y se impone una revisión seria de las teorías del magnetismo planetario. Sólo Saturno y Urano tienen anillos. ¿Por qué? Sobre Marte existe una magnífica disposición de dunas de arena longitudinales apiñadas contra las laderas interiores de un gran cráter erosionado. En Great Sand Dunes National Monument cerca de Alamosa, Colorado, hay un conjunto de dunas de arena parecido, también apiñado en la curva de las montañas Sangre de Cristo. Las dunas de arena en ambos casos tienen la misma extensión, la misma distancia entre duna y duna y la misma altura. Sin embargo, la presión atmosférica marciana es 1/200 de la terrestre y los vientos necesarios para iniciar el movimiento de los granos de arena deberían tener allá diez veces más fuerza que en la Tierra y la distribución de tamaños de partículas puede diferir en los dos planetas. Entonces, ¿pueden ser iguales los campos de dunas producidos por la arena arrastrada por el viento? ¿Cuáles son las fuentes de la emisión radio deca métrica de Júpiter, cada una de ellas de menos de 100 kilómetros de amplitud, fijas sobre la superficie joviana y que radian intermitentemente al espacio?

Las observaciones del Mariner 9 indican que los vientos en Marte superan ocasionalmente la mitad de la velocidad local del sonido. ¿Son algunas veces mucho más fuertes los vientos? ¿Cómo es una meteorología transónica? En Marte hay pirámides cuyas bases tienen unos 3 kilómetros y una altura de 1 kilómetro. Difícilmente han sido construidas por faraones

marcianos. El grado de erosión por granos de arena transportados por el viento en Marte es, por lo menos, 10.000 veces el de la Tierra, debido a las velocidades mayores necesarias para mover partículas en la débil atmósfera marciana. ¿Podrían las caras de las pirámides marcianas haber sido erosionadas durante millones de años en esa forma, desde más de una dirección privilegiada del viento?

Las lunas del sistema solar exterior no son, con casi total seguridad, reproducción de la nuestra, que es un satélite bastante soso. Muchas de ellas tienen unas densidades tan bajas que deben estar compuestas principalmente por hielos de metano, amoníaco y agua. ¿Cómo serán sus superficies vistas de cerca? ¿Cómo erosionaran los cráteres de impacto una superficie helada de ese tipo? ¿Existirán volcanes de amoníaco sólido derramando lava de metano líquido por sus laderas? ¿Por que Ío, el mayor satélite interior de Júpiter, está envuelto por una nube de sodio gaseoso? ¿Cómo contribuye Ío a modular la emisión sincrona procedente del cinturón de radiación joviano en el que se encuentra? ¿Por qué una cara de Japeto, una de las lunas de Saturno, es seis veces más brillante que la otra cara? ¿Debido a una diferencia en el tamaño de las partículas? ¿Una diferencia química? ¿Cómo se establecieron esas posibles diferencias? ¿Por qué en Japeto y sólo allí en todo el sistema solar se da esa situación?

La gravedad de Titán, la mayor luna del sistema solar, es tan baja y la temperatura de su atmósfera superior tan elevada que el hidrógeno debe escapar hacia el espacio muy rápidamente, según un proceso llamado «escape de vapor» (*blow-off*). Pero la observación espectroscópica sugiere la existencia de una cantidad sustancial de hidrogeno en Titán. La atmósfera de Titán es un misterio. Y si sobrepasamos Saturno, nos acercamos a una región del sistema solar de la que no sabemos prácticamente nada. Nuestros débiles telescopios no han determinado con precisión siquiera los periodos de rotación de Urano, Neptuno y Plutón y menos todavía las características de sus nubes y atmósferas, ni la naturaleza de sus sistemas de satélites. La poetisa Diane Ackerman de la Universidad Cornell escribe: *"Neptuno es esquivo como un caballo tordo en plena niebla. ¿Canoso? ¿Fajado? ¿Vaporoso? ¿De hielo picado? Lo que sabemos no conseguiría llenar el puño de un lemúrido"*.

Una de las vías más inasequibles por la que empezamos a avanzar seriamente es la cuestión de la química orgánica y la biología en el sistema solar. El medio ambiente marciano no es de ninguna manera tan hostil como para excluir la vida, pero tampoco conocemos lo suficiente sobre el origen y la evolución de la vida como para garantizar su presencia allí o en cualquier otra parte. El tema de los organismos en Marte, ya sean grandes o pequeños, esta totalmente abierto, aún después de las misiones Viking.

Las atmósferas ricas en hidrógeno como las de Júpiter, Saturno, Urano y Titán se parecen en aspectos significativos a la atmósfera de la Tierra primigenia, en la época del origen de la vida. A partir de experimentos de simulación realizados en laboratorio, sabemos que las moléculas orgánicas se producen a buen ritmo en determinadas condiciones. En las atmósferas de Júpiter y Saturno las moléculas serian transportadas a profundidades pirolíticas. Pero aun ahí la concentración de moléculas estables orgánicas puede resultar significativa. En todas las experiencias de simulación la aplicación de energía a unas atmósferas de ese tipo produce un material polimérico de color marrón que recuerda, en muchos aspectos importantes, el material de color marrón de sus nubes. Titán puede estar totalmente cubierto por un material orgánico de ese mismo color marrón. Es posible que en los próximos años seamos testigos de grandes e inesperados descubrimientos en el terreno de la naciente ciencia de la exobiología.

Los medios principales para la exploración continua del sistema solar durante la siguiente década, o las dos siguientes, consistirán seguramente en misiones planetarias no tripuladas. Se ha conseguido lanzar con éxito vehículos espaciales científicos a todos los planetas conocidos por los antiguos. Existe una serie de propuestas de misiones todavía no aprobadas, pero estudiadas con detalle (ver capítulo 16). Si la mayoría de esas misiones se llevasen efectivamente a la práctica, la era actual de la exploración planetaria proseguiría brillantemente. Pero no está nada claro que esos espléndidos viajes de descubrimiento continúen, por lo menos en los Estados Unidos. Solamente una de las grandes misiones

planetarias, el proyecto Galileo hacia Júpiter, ha sido aprobada en los últimos siete años y aun así corre un cierto peligro.

Incluso un reconocimiento preliminar de todo el sistema solar hasta Plutón y una exploración mas detallada de algunos planetas mediante, por ejemplo, vehículos todo terreno para Marte y sondas de registro en Júpiter, no resolverían el problema fundamental de los orígenes del sistema solar; lo que se necesita es el descubrimiento de otros sistemas solares. Los adelantos en las técnicas de observación desde la Tierra o desde vehículos espaciales que vayan lográndose en las dos próximas décadas, podrán eventualmente detectar docenas de sistemas planetarios en órbita alrededor de estrellas aisladas próximas a nosotros. Estudios recientes basados en la observación de sistemas de estrellas múltiples debidos a Helmut Abt y Saul Levy, del *Kitt Peak National Observatory*, sugieren que hasta un tercio de las estrellas del cielo pueden tener acompañantes planetarios. No sabemos si esos otros sistemas planetarios serán como el nuestro o si se basarán en principios radicalmente distintos.

Casi sin darnos cuenta, hemos entrado en una época de exploración y descubrimiento sin parangón desde el Renacimiento. Tengo la impresión de que los beneficios de la planetología comparada para las ciencias terrestres; el sentido de aventura conferida por la exploración de otros mundos a una sociedad que ha perdido prácticamente toda oportunidad de gozar de la aventura; las derivaciones filosóficas de la búsqueda de una perspectiva cósmica, esos son los elementos que caracterizaran nuestro tiempo. Dentro de siglos, cuando nuestros grandes problemas políticos y sociales actuales nos parezcan tan remotos como los problemas de la Guerra de Sucesión de Austria, nuestro tiempo se recordara fundamentalmente por el siguiente hecho: fue la época en la que los habitantes de la Tierra establecieron su primer contacto con el cosmos que les rodeaba.

## 11. UN PLANETA LLAMADO JORGE

... me enseñaste el nombre de la gran luz y el de la pequeña, que iluminan el día y la noche.

WILLIAM SHAKESPEARE, *La tempestad*, acto I, escena 2

—¿Es cierto que responden a sus nombres? — observó negligentemente el Mosquito.

—Nunca oí que lo hiciesen —dijo Alicia.

—¿De qué les sirven pues los nombres —dijo el Mosquito—, si no responden a ellos?

LEWIS CARROLL, Alicia a través del espejo

En la superficie lunar hay un pequeño cráter de impacto llamado *Galilei*. Tiene unas 9 millas de diámetro, poco más o menos el tamaño del área metropolitana de Elizabeth, New Jersey, y es tan pequeño que para verlo se necesita un telescopio bastante potente. Cerca del centro de esa cara de la Luna que está siempre orientada hacia la Tierra, está la espléndida pared en ruinas de un antiguo cráter, de 115 millas de diámetro, llamado *Ptolomaeus*; puede verse fácilmente con unos prismáticos corrientes e, incluso, algunas personas de gran agudeza visual pueden verlo a simple vista.

Ptolomeo (siglo II de nuestra era) fue el principal defensor de la opinión según la cual nuestro planeta es inamovible y se encuentra en el centro del universo; creía que el Sol y los planetas describían circunferencias alrededor de la Tierra en un día, encajados en esferas cristalinas. Por su parte, Galileo (1564-1642) sostuvo el punto de vista copernicano según el cual el Sol se encuentra en el centro del sistema solar y la Tierra es uno de los muchos planetas que giran a su alrededor. Más aun, fue Galileo quien proporcionó, a través de la observación de la fase creciente de Venus, la primera prueba convincente en favor de la tesis de Copérnico. También fue Galileo el primero en llamar la atención sobre la existencia de cráteres sobre nuestro satélite natural. Entonces, ¿por qué el cráter *Ptolomaeus* es mucho más prominente en la superficie lunar que el cráter *Galilei*?

El criterio para la denominación de los cráteres lunares fue establecido por Johannes Howelcke, más conocido por su nombre latinizado de Hevelius. Era cervecero y político local en Danzig y dedicó mucho tiempo a la cartografía lunar; publicó un famoso libro, *Selenographia*, en 1647. Tras haber grabado al agua fuerte y a mano las placas de cobre utilizadas para la impresión de sus mapas del aspecto de la Luna vista a través del telescopio, Hevelius se planteó el problema de la denominación de los elementos grabados. Unos le propusieron que les asignara nombres de personajes bíblicos; otros se decantaban por los de filósofos y científicos. Hevelius consideró que no existía ninguna conexión lógica entre los elementos lunares y los patriarcas y profetas de hacía miles de años, pero pensó también que podía desencadenarse una fuerte controversia a la hora de buscar los nombres de los filósofos y científicos que había que conmemorar, especialmente en el caso de los no fallecidos. Le pareció más prudente bautizar los prominentes valles y montañas lunares en función de características terrestres comparables: Así, contamos con montes lunares Apeninos, Pirineos, Cáucaso, Jura y Atlas e incluso con un valle Apenino. Todavía se utilizan esos nombres.

Galileo tenía la impresión de que las áreas planas y oscuras de la superficie lunar eran mares, verdaderos océanos de agua, y que las regiones más rugosas y brillantes y densamente salpicadas de cráteres eran continentes. A estos mares se asignaron básicamente nombres de estados de ánimo o condiciones de la naturaleza: *Mare Frigoris* (el Mar del Frío), *Lacus Somniorum* (el Lago de los Sueños), *Mare Crisium* (el Mar de las Crisis), *Sinus Iridum* (la Bahía del Arco Iris), *Mare Serenitatis* (el Mar de la Serenidad), *Oceanus Procellarum* (el Océano de las Tempestades), *Mare Nubium* (el Mar de las Nubes), *Mare Fecunditatis* (el Mar de la Fecundidad), *Sinus Aes* (la Bahía de las Olas), *Mare Imbrium* (el Mar de las Lluvias) y *Mare Tranquillitatis* (el Mar de la Tranquilidad), colección de nombres de lugares que resulta un tanto poética y evocativa para un entorno tan inhóspito

como el de la Luna. Desgraciadamente, los mares lunares son enteramente secos y las muestras de ellos traídas a la Tierra por el *Apollo* estadounidense y el *Luna* soviético indican que en el pasado nunca han tenido agua. Nunca ha habido mares, bahías, lagos o arco iris en la Luna. Esos nombres han perdurado hasta nuestros días. El primer vehículo que proporcionó datos sobre la superficie lunar, el *Luna 2*, se posó en el *Mare Imbrium*, y los primeros seres humanos que pisaron nuestro satélite natural, los astronautas del *Apollo 11*, lo hicieron en el *Mare Tranquillitatis*, diez años más tarde. Creo que Galileo hubiese quedado sorprendido y complacido.

A pesar de los recelos de Hevelius, los cráteres lunares recibieron nombres de científicos y filósofos desde la publicación en 1651 del *Almagestum Novum* de Giovanni Battista Riccioli. El título del libro, el Nuevo Almagesto, se refiere al viejo Almagesto, el trabajo de toda la vida de Ptolomeo. "Almagesto" es un título inmodesto, pues en árabe significa "El Mayor". Riccioli no hizo más que publicar un mapa sobre el que situó sus preferencias personales en cuanto a nombres de cráteres, y tanto las anteriores como la mayoría de sus preferencias, han seguido vigentes sin haber sido nunca puestas en cuestión. El libro de Riccioli apareció nueve años después de la muerte de Galileo; desde entonces ha habido muchas oportunidades de cambiar los nombres de los cráteres. Sin embargo, los astrónomos han mantenido ese reconocimiento de Galileo, que resulta embarazosamente poco generoso. Existe un cráter dos veces mayor que el cráter *Galilei*, llamado *Hell* (infierno, en inglés) en honor al jesuita Maximilian Hell.

Uno de los cráteres lunares más sobresalientes es el cráter Clavius, de 142 millas de diámetro, que en la película *2001: Odisea del Espacio* se tomó como la sede de una base lunar de ficción. Clavius es el nombre latinizado de Christoffel Schlüssel ("llave" en alemán = "clavius" en latín), otro miembro de la Compañía de Jesús y gran defensor de Ptolomeo. Galileo mantuvo una dilatada controversia acerca de la prioridad del descubrimiento y de la naturaleza de las manchas solares con otro jesuita más, Christopher Scheiner, polémica que desembocó en un agudo antagonismo personal y que, para muchos historiadores de la ciencia, contribuyó al arresto domiciliario que sufrió Galileo, la proscripción de sus libros y su confesión, conseguida bajo amenaza de tortura por parte de la Inquisición, de que sus escritos copernicanos previos eran heréticos y en realidad la Tierra permanecía inmóvil. Scheiner dispone de un cráter lunar de 70 millas de diámetro. Y Hevelius, que fue quien se resistió a asignar nombres de personas a los elementos lunares, dispone de un bello cráter que lleva su nombre.

Riccioli denominó *Tycho*, *Kepler* y, sorprendentemente, *Copernicus* a tres de los más destacados cráteres de la Luna. El propio Riccioli, así como su discípulo Grimaldi, tuvieron asignados grandes cráteres en el *limbo* o borde de la Luna, siendo el de Riccioli de 106 millas de diámetro. Existe otro cráter llamado *Alphonsus*, en honor de Alfonso X de Castilla (siglo XIII) quien, después de contemplar la complejidad del sistema ptolomaico, había comentado que, caso de haber asistido a la Creación, le hubiese dado a Dios algunas sugerencias útiles de cara a ordenar el Universo. Resultaría interesante imaginar la respuesta de Alfonso X si hubiese sabido que, siete siglos más tarde, una nación del otro lado del océano enviaría a la Luna un vehículo espacial llamado *Ranger 9*, capaz de producir automáticamente imágenes de la superficie lunar a medida que se acercaba a nuestro satélite hasta precipitarse en una depresión preexistente llamada *Alphonsus*, en honor de Su Majestad de Castilla. Un cráter menos prominente lleva el nombre de *Fabricius*, el nombre latinizado de David Goldschmidt, quien descubrió, en 1596, que el brillo de la estrella Mira variaba periódicamente, contradiciendo así la opinión defendida por Aristóteles y sostenida por la Iglesia de que los cielos eran inmutables.

Así, el prejuicio en contra de Galileo en la Italia del siglo XVII no consolidó, en lo relativo a la denominación de elementos lunares, una parcialidad total en favor de los padres de la Iglesia y de las doctrinas de la Iglesia en materia astronómica. Resulta muy difícil encontrar un patrón consistente entre los nombres dados a las casi siete mil formaciones lunares. Existen cráteres que llevan el nombre de figuras políticas con poca relación directa con la astronomía, como *Julio César* o el káiser *Guillermo I*, y otros con el nombre de personajes de oscuridad heroica: por ejemplo, el cráter *Wurzelbaur* (de 50 millas de diámetro) y el

cráter *Billy* (de 31 millas de diámetro). La mayoría de las denominaciones de los pequeños cráteres lunares procede de los grandes cráteres próximos; por ejemplo, cerca del cráter *Mosting* se encuentran los pequeños cráteres *Mosting A*, *Mosting B*, *Mosting C* y así sucesivamente. La sabia prohibición consistente en no asignar nombres de personas vivas a los cráteres sólo se ha roto en contadas ocasiones, por ejemplo, al designar algunos cráteres muy pequeños a los astronautas norteamericanos de las misiones lunares *Apollo* y, por una curiosa simetría en la época de la distensión, a los cosmonautas soviéticos que quedaron atrás en órbita alrededor de la Tierra.

Durante este siglo se ha intentado denominar con consistencia y coherencia los elementos de la superficie lunar, así como de otros objetos celestes, sobre la base de responsabilizar de esa tarea a unas comisiones especiales de la *International Astronomical Union* (IAU), la organización de todos los astrónomos profesionales del planeta Tierra. Una bahía, sin nombre previo, de uno de los *mares* lunares fue examinada con detalle por el vehículo espacial norteamericano *Ranger* y fue bautizada oficialmente con el nombre de *Mare Cognitum* (el Mar Conocido). Es un nombre que expresa no tanto una serena satisfacción sino más bien exultación. Las deliberaciones de la IAU no siempre han sido fáciles. Por ejemplo, cuando se obtuvieron las primeras fotografías —por cierto, bastante poco claras— de la cara opuesta de la Luna, fotografías logradas en la histórica misión *Luna 3*, los descubridores soviéticos expresaron el deseo de llamar "Las Montañas Soviéticas" a un trazo largo y brillante de sus fotografías. Como en la Tierra no existe una gran formación montañosa que lleve ese nombre, la petición entró en conflicto con el convenio de Hevelius. Sin embargo, como homenaje a la notable hazaña del *Luna 3*, se acordó hacerlo así. Desgraciadamente, datos posteriores sugirieron que las Montañas Soviéticas no eran tales montañas.

En una situación parecida, los delegados soviéticos propusieron designar uno de los dos "mares" de la cara oculta de la Luna (ambos muy pequeños comparados con los de la cara visible) con el nombre de *Mare Moscoviense* (el Mar de Moscú). Pero los astrónomos occidentales objetaron que nuevamente esa propuesta se alejaba de la tradición, por el hecho de que Moscú no era ni una condición de la naturaleza ni un estado de la mente. A modo de contestación se dijo que en las últimas denominaciones de *mares* lunares —las de los *limbos*, que son difíciles de observar con telescopios fijos en tierra— no se había seguido al pie de la letra ese convenio: *Mare Marginis* (el Mar Limítrofe), *Mare Orientatis* (el Mar Oriental) y *Mare Smythii* (el Mar de Smyth). Al haberse quebrado la consistencia perfecta, se dictaminó en favor de la propuesta soviética. En una reunión de la IAU celebrada en Berkeley, California en 1961 Audouin Dollfus, de Francia, declaró oficialmente que Moscú era un estado de la mente.

El advenimiento de la exploración espacial ha multiplicado los problemas de nomenclatura en el sistema solar. Un ejemplo interesante de la tendencia existente puede encontrarse en la denominación de los elementos de Marte. Desde la Tierra se han observado, catalogado y trazado sobre el mapa muchas características brillantes y oscuras de la superficie del Planeta Rojo. Mientras se desconocía la naturaleza de tales características se tuvo la tentación irresistible de darles un nombre. Después de varios intentos fallidos de asignarles los nombres de astrónomos que hubiesen estudiado Marte, G. V. Schiaparelli en Italia, y E. M. Antoniadi, un astrónomo griego que trabajaba en Francia, consiguieron imponer al inicio del siglo XX el criterio de designar los elementos marcianos con nombres alusivos a personajes y lugares de la mitología clásica. Así existen *Thot*, *Nepenthes*, *Memnonia*, *Hesperia*, *Mare Boreum* (el Mar Boreal) y *Mare Acidalium* (el Mar ácido), así como *Utopia*, *Elysium*, *Atlantis*, *Lemuria*, *Eos* (Aurora) y *Uchronia* (que, supongo, puede traducirse por Buenos Tiempos). En 1890, la gente culta se encontraba mucho más a sus anchas con los mitos clásicos que en la actualidad.

La superficie caleidoscópica de Marte se hizo conocida gracias a los vehículos norteamericanos de la serie *Mariner*, especialmente por el *Mariner 9*, que giró alrededor de Marte durante todo un año iniciando en noviembre de 1971, y transmitió a la Tierra más de 7.200 fotografías de la superficie. Una profusión de detalles inesperados y exóticos quedó al descubierto, incluyendo elevadas montañas volcánicas, cráteres de tipo lunar pero mucho

más erosionados, y valles sinuosos y enigmáticos, presumiblemente excavados por corrientes de agua en épocas previas de la historia de nuestro planeta. Estos nuevos elementos requerían nombres, y la IAU designó con diligencia una comisión presidida por Gerard de Vaucouleurs, de la Universidad de Texas, para el estudio de la nueva nomenclatura marciana. Gracias al esfuerzo de algunos de nosotros, la comisión de nomenclatura marciana hizo un intento serio por evitar el localismo en las nuevas denominaciones. Resultó imposible evitar que los cráteres principales recibiesen nombres de astrónomos que habían estudiado el planeta Marte, pero la gama de profesiones y nacionalidades pudo ampliarse significativamente. Así, existen cráteres marcianos de más de 60 millas de diámetro que se llaman como los astrónomos chinos Li Fan y Liu Hsin; como los biólogos Alfred Russel Wallace, Wolf Vishniac, S. N. Vinogradsky, L. Spallanzani, F. Redi, Louis Pasteur, H. J. Muller, T. H. Huxley, J. B. S. Haldane y Charles Darwin; como los geólogos Louis Agassiz, Alfred Wegener, Charles Lyell, James Hutton y E. Suess e incluso como los escritores de ciencia ficción Edgar Rice Burroughs, H. G. Wells, Stanley Weinbaum y John W. Campbell, Jr. Hay también dos grandes cráteres marcianos llamados *Schiaparelli* y *Antoniadi*.

Pero existen muchas otras culturas en el planeta Tierra —incluso algunas con una tradición astronómica identificable— que están representadas en esa lista a través de algunos de sus miembros. En un intento de compensar por lo menos parcialmente ese desequilibrio cultural, se aceptó una sugerencia mía consistente en asignar a los valles sinuosos los nombres de Marte, por orden alfabético, en lenguas predominantemente no europeas. En la página 230 aparece una tabla en la que figuran dichos nombres. Por una curiosa coincidencia Ma'adim (hebreo) y Al Qahira (árabe: el dios de la guerra del que recibe su nombre la ciudad de El Cairo) están cara a cara. El lugar sobre el que se posó el primer vehículo *Viking* se llama *Chryse*, cerca de la confluencia de los valles *Ares*, *Tiu*, *Simud* y *Shalbatana*.

En cuanto a los grandes volcanes marcianos, se sugirió darles el nombre de los mayores volcanes terrestres, como Ngorongoro o Krakatoa, lo cual permitiría la presencia en Marte de culturas sin tradición astronómica escrita. Pero se puso la objeción de que se prestaría a confusión al comparar los volcanes terrestres con los marcianos: ¿de qué Ngorongoro se está hablando? Se plantea el mismo problema potencial con varias ciudades terrestres, pero parece posible comparar Portland, Oregon, con Portland, Maine, sin caer en una total confusión. Otra sugerencia hecha por un sabio europeo consistía en asignar a cada volcán la palabra "mons" (montaña) seguida del nombre de una deidad romana importante en caso genitivo: Así, tendríamos Mons Martes, Mons Jovis y Mons Veneris. Puse la objeción de que por lo menos estos últimos ya habían sido utilizados en otro campo distinto de la actividad humana. La respuesta fue: "¡Oh, no lo había oído!". El resultado fue la designación de los volcanes marcianos con nombres de alturas brillantes y sombrías del mundo clásico. Así, existen *Pavoris Mons*, *Elysium Mons* y —afortunadamente, pues se trata del mayor volcán del sistema solar— *Olympus Mons*. Ocurre que mientras los nombres de los volcanes se inspiran fuertemente en la tradición occidental, la nomenclatura marciana más reciente representa una ruptura significativa con la tradición: un número considerable de elementos han sido bautizados con nombres que ni evocan el mundo clásico ni elementos geográficos europeos o astrónomos visuales occidentales del siglo XIX.

Algunos cráteres marcianos y lunares tienen nombres de individuos. Se trata nuevamente del caso de Portland y creo que, en la práctica, no provocará casi confusión. Cuanto menos, tiene un aspecto positivo: en Marte existe ahora un cráter llamado *Galilei*. Es aproximadamente del mismo tamaño del llamado *Ptolomaeus*. Y no existen cráteres marcianos llamados Schemer o Riccioli.

Otra de las consecuencias inesperadas de la misión *Mariner 9* es la de que se obtuvieron las primeras fotografías de una de las lunas de otro planeta. En la actualidad disponemos de mapas que abarcan prácticamente la mitad de las características superficiales de las dos lunas de Marte, *Fobos* y *Deimos* (los dos seguidores del dios de la guerra, Marte). Una nueva comisión para la nomenclatura de los satélites de Marte, que tuvo el honor de presidir, asignó a los cráteres de Fobos los nombres de astrónomos que habían estudiado

las lunas. Un elevado cráter en el polo sur de Fobos se bautizó con el nombre de Asaph Hall, el descubridor de ambas lunas. La información apócrifa astronómica nos dice que cuando estaba a punto de abandonar la búsqueda de las lunas de Marte, su esposa le conminó a volver al telescopio. Al poco tiempo los descubrió y los denominó "miedo" (Fobos) y "terror" (Deimos). Así pues, el mayor cráter de Fobos se bautizó con el nombre de soltera de la Sra. Hall, Angelina Stickney. Si el objeto que se precipitó sobre Fobos creando el cráter Stickney hubiese sido mayor, probablemente hubiese hecho saltar en pedazos ese satélite.

Deimos quedó reservado para los escritores y todas aquellas personas relacionadas con las especulaciones que se han hecho sobre las lunas de Marte. Los dos elementos más sobresalientes recibieron los nombres de Jonathan Swift y Voltaire, quienes en sus novelas especulativas *Los Viajes de Gulliver* y *Micromegas*, respectivamente, prefiguraron antes de su descubrimiento real la existencia de las dos lunas alrededor de Marte. Quise que un tercer cráter de Deimos se llamase *René Magritte*, en homenaje al pintor surrealista belga en cuyas pinturas "Le Chateau des Pyrenées" y "Le Sens de Réalité" aparecen grandes piedras suspendidas en el cielo, de un parecido sorprendente con las dos lunas marcianas — a excepción de la presencia, en la primera pintura, de un castillo que, por lo que sabemos hasta ahora, no aparece en Fobos—. Sin embargo, mi sugerencia fue rechazada por frívola.

Estamos en la época de la historia en la que los elementos de los planetas quedarán bautizados para siempre. Un nombre de cráter es un monumento conmemorativo de gran magnitud: la vida estimada de los grandes cráteres lunares, marcianos y mercurianos se mide en miles de millones de años. Dado el enorme incremento reciente en el número de elementos superficiales a los que debe darse un nombre —y también porque los nombres de casi todos los astrónomos fallecidos han sido ya asignados a algún objeto celeste—, se requieren nuevos criterios. En la reunión de la IAU de Sydney, Australia en 1973, se constituyeron diversas comisiones para estudiar los problemas de la nomenclatura planetaria. Uno de los problemas que aparece claro es que si los cráteres de otros planetas reciben ahora nombres que no sean de personas, sólo tendremos nombres de astrónomos y algunos otros en la Luna y no en los planetas. Resultaría encantador bautizar algunos cráteres de Mercurio, por ejemplo, con imaginarios nombres de pájaros o mariposas, o ciudades o antiguos vehículos de exploración y descubrimiento. Pero si aceptásemos esa vía, por nuestros globos y mapas y nuestros libros de texto daríamos la impresión de que sólo tenemos consideración por los astrónomos y los físicos, y que poco nos importan los poetas, los compositores, los pintores, los historiadores, los arqueólogos, los dramaturgos, los matemáticos, los antropólogos, los escultores, los médicos, los psicólogos, los novelistas, los biólogos, los ingenieros y los lingüistas. La propuesta de que tales individuos sean conmemorados con cráteres lunares no asignados vendría a resultar en que, por ejemplo, Dostoievsky o Mozart o Hiroshige tendrían asignados cráteres de una décima de milla de diámetro mientras que *Pisticus* tiene 52 millas de diámetro. No creo que eso dijese nada en favor de la amplitud de miras y del ecumenismo intelectual de aquellos que tienen la labor de asignar los nombres.

Tras un intenso debate, se impuso ese punto de vista —en parte nada despreciable gracias al entusiasta apoyo de los astrónomos soviéticos—. Según ello, la comisión de nomenclatura de Mercurio, presidida por David Morrison, de la Universidad de Hawaii, decidió bautizar los cráteres de impacto de Mercurio con los nombres de compositores, poetas y autores. Así, los cráteres principales se llaman *Johann Sebastian Bach*, *Homero* y *Murasaki*. Para una comisión compuesta principalmente por astrónomos occidentales resultó difícil hacer una elección de un grupo de nombres que fuera representativa de todo el mundo de la cultura; por ello, la comisión de Morrison solicitó ayuda a músicos y expertos en literatura comparada. El problema más incómodo consiste en encontrar, por ejemplo, los nombres de los que compusieron la música de la dinastía Han, los que fundieron los bronce de Benin, los que tallaron los tótems de Kwakiuti y los que compilaron la literatura épica popular de Melanesia. Pero aun en el caso de que esa información se vaya obteniendo lentamente, habrá tiempo: las fotografías de Mercurio enviadas por el *Mariner 10*, en las que aparecen los elementos que hay que bautizar, cubren únicamente la mitad de la



superficie del planeta; pasarán muchos años antes de poder fotografiar y bautizar los cráteres del otro hemisferio.

Además, existen algunos objetos en Mercurio para los que se han propuesto, por razones especiales, otros tipos de nombres. El meridiano de longitud 20° propuesto pasa por un pequeño cráter que los responsables de la televisión del *Mariner 10* sugirieron llamar *Hun-Kal*, palabra azteca que significa veinte, la base de la aritmética azteca. Y también propusieron llamar a una enorme depresión, comparable en muchos aspectos a un mar lunar, la cuenca *Caloris*: Mercurio es muy caliente. Por último, cabe decir que todos estos nombres se refieren solamente a elementos topográficos de Mercurio; los elementos brillantes y oscuros vagamente vislumbrados por generaciones anteriores de astrónomos todavía no han sido identificados convenientemente. Cuando lo sean, posiblemente se den sugerencias para sus nombres. Antoniadi propuso nombres para esos elementos de Mercurio, alguno de los cuales —como *Solitudo Hermae Trismegisti* (la soledad de Hermes, el tres veces grande)— suenan muy bien y tal vez sean retenidos finalmente.

No existen mapas fotográficos de la superficie de Venus, porque el planeta se encuentra perpetuamente envuelto por nubes opacas. Ello no obstante, los elementos superficiales se han plasmado en el mapa gracias a las observaciones por radar desde Tierra. Hoy por hoy sabemos que existen cráteres y montañas, y otras características topográficas de aspecto extraño. El éxito alcanzado por las misiones *Venera 9* y *10* en la obtención de fotografías de la superficie del planeta sugiere que algún día obtendremos fotografías desde vehículos o globos espaciales en la atmósfera baja de Venus.

Los primeros elementos sobresalientes descubiertos en Venus fueron unas regiones con una gran capacidad reflectante frente al radar, a las que se asignaron los nombres, difícilmente asumibles, de Alfa, Beta y Gamma. La actual comisión para la nomenclatura de Venus, presidida por Gordon Pettengill, del *Massachusetts Institute of Technology*, ha propuesto dos categorías de nombres para los elementos superficiales venusianos. Una categoría sería la de pioneros de la tecnología radio cuyos trabajos hicieron posible el desarrollo de las técnicas de radar que han permitido levantar mapas de la superficie del planeta: por ejemplo, Faraday, Maxwell, Heinrich, Hertz, Benjamin Franklin y Marconi. La otra categoría, sugerida por el nombre del propio planeta, es la de nombres de mujeres. A primera vista, puede parecer sexista la idea de un planeta dedicado a las mujeres, pero creo que es precisamente lo contrario. Por razones históricas, las mujeres han sido desalentadas a ejercer las profesiones de los tipos que se conmemoran en otros planetas. El número de mujeres que hasta ahora han dado nombre a cráteres es muy pequeño: *Skłodowska* (nombre de soltera de Madame Curie), *Stickney*, la astrónomo María Mitchell; la pionera de la física nuclear Lisa Meitner; Lady Murasaki; y sólo unas pocas más. Mientras, dadas las reglas de profesiones utilizadas en otros planetas, los nombres de mujeres continuarán apareciendo ocasionalmente en otras superficies planetarias, pero la propuesta para Venus es la única que permite un reconocimiento adecuado de la contribución histórica de las mujeres. (Sin embargo, me agrada que esa idea no se aplique a rajatabla; no me gustaría ver una lista de nombres de hombres de negocios en Mercurio, ni de generales en Marte).

En cierto sentido, las mujeres han sido conmemoradas tradicionalmente en el cinturón de asteroides (ver capítulo 15), conjunto de masas rocosas y metálicas que giran alrededor del Sol entre las órbitas de Marte y Júpiter. A excepción de una categoría de asteroides que recibieron los nombres de héroes de la Guerra de Troya, la tendencia consistía en darles nombres de mujeres. En un principio fueron básicamente mujeres de la mitología clásica, como *Ceres*, *Urania*, *Circe* y *Pandora*. A medida que fueron acabándose los nombres de diosas, se amplió el ámbito para poder incluir a *Safo*, *Dike*, *Virginia* y *Silvia*. Mas adelante, cuando los descubrimientos fueron incesantes y se fueron acabando los nombres de las mujeres, madres, hermanas, queridas y tías abuelas de los astrónomos, se empezaron a bautizar los asteroides con los nombres de patronos reales o deseados y otros, con una desinencia femenina, como por ejemplo, *Rockefelleria*. Hasta ahora se han descubierto más de dos mil asteroides y la situación se ha vuelto moderadamente desesperada. No se ha taponado la espita de las tradiciones no occidentales y, para los futuros asteroides, se prevé una multitud de nombres femeninos en idiomas vasco, amharico, amu, dobu y kung.

Anticipándose a una distensión egipcio-israelí, Eleanor Helin, del *Californian Institute of Technology*, propuso que un asteroide que descubrió se llamase Ra-Shalom. Un problema adicional —o una oportunidad, según el punto de vista de cada uno— es el de que posiblemente no tardaremos en tener fotografías de cerca de los asteroides, cuyos detalles superficiales habrá que bautizar.

Mas allá del cinturón de asteroides, en los planetas y las grandes lunas del sistema solar exterior no se han asignado hasta ahora nombres no descriptivos. En Júpiter, por ejemplo, existe la Gran Mancha Roja y un Cinturón Norecuatorial, pero ningún elemento se llama, por ejemplo, Smedley. La razón reside en que cuando se observa Júpiter sólo se ven sus nubes, y no resultaría precisamente acertado o no sería una conmemoración duradera para el tal Smedley darle su nombre a una nube. En cambio, la cuestión más importante acerca de la nomenclatura en el sistema solar exterior es la de la denominación de las lunas de Júpiter. Las lunas de Saturno, Urano y Neptuno poseen nombres clásicos satisfactorios o, por lo menos, oscuros (ver Tabla 2). Pero la situación de las catorce lunas de Júpiter es distinta.

Las cuatro lunas grandes de Júpiter fueron descubiertas por Galileo, cuyos contemporáneos, fuertemente influidos por la teología y por una amalgama de ideas aristotélicas y bíblicas, estaban convencidos de que los planetas no tenían lunas. El descubrimiento de Galileo desconcertó y contrarió a los clérigos fundamentalistas de la época. Tal vez en un intento de paliar la crítica, Galileo llamó "satélites mediceanos" a las lunas, en honor a los Medici, quienes le subvencionaban. Pero la posteridad ha sido mas sabia: se les conoce por *satélites galileanos*. De forma parecida, cuando el inglés William Herschel descubrió el séptimo planeta, propuso llamarle Jorge. En caso de que no se hubieran impuesto criterios más serios, hoy tendríamos un planeta mayor cuyo nombre estaría inspirado en el de Jorge III; en lugar de ello se le llamó Urano.

A los satélites galileanos les asignó sus nombres provenientes de la mitología griega Simon Marius (dispone en la Luna de un cráter de 21 millas de diámetro), un contemporáneo de Galileo con el que incluso entabló polémica sobre la prioridad del descubrimiento. Marius y Johannes Kepler eran de la opinión de que resultaba muy poco prudente asignar a los objetos celestes nombres de personas reales y muy especialmente de personajes de la política. Marius escribía: *"Quiero que las cosas se hagan sin supersticiones y con la sanción de los teólogos. A Júpiter en especial los poetas le confieren amores ilícitos. Bien conocidos son los [nombres] de tres vírgenes cuyo amor Júpiter anheló y consiguió en secreto: Ío [...] Calisto [...] y Europa [...] Pero aún más ardientemente amó al bello Ganímedes [...] y por tanto, creo que no he obrado desafortunadamente al denominar al primero Ío, al segundo Europa, al tercero, sobre la base del esplendor de su luz, Ganímedes y, por ultimo, al cuarto, Calisto"*.

Sin embargo, en 1892 E. Barnard descubrió la quinta luna de Júpiter, que seguía una órbita interior a la de Ío. Barnard insistió resueltamente en que ese satélite debería llamarse *Júpiter 5* y sólo así. Desde entonces ha prevalecido la opinión de Barnard, y de las catorce lunas jovianas conocidas en la actualidad tan sólo los satélites galileanos tenían, hasta hace poco tiempo, nombres sancionados oficialmente por la IAU. Sin embargo, por poco razonable que pueda parecer, las personas manifiestan una fuerte preferencia por los nombres más que por los números. (Así se pone de manifiesto claramente en la resistencia de los estudiantes universitarios a ser considerados "sólo como un número" por el tesorero de la universidad, en el ultraje sentido por muchos ciudadanos al ser tratados por el gobierno únicamente a través de su número de identidad, y también en los intentos sistemáticos en cárceles y campos de trabajo —consistentes en desmoralizar y degradar a los internos— asignándoles tan sólo un número de orden como toda identidad.) Poco después del descubrimiento de Barnard, Camille Flammarion sugirió para *Júpiter 5* el nombre Amaltea (ésta era la cabra que, según la mitología griega, amamantó a Júpiter). Si bien ser amamantado por una cabra no es precisamente un acto de amor ilícito, al astrónomo francés debió parecerle suficientemente parecido.

La comisión de la IAU para la nomenclatura joviana, presidida por Tobias Owen, de la Universidad Estatal de Nueva York en Stony Brook, ha propuesto una serie de nombres para designar desde *Júpiter 6* a *Júpiter 13*. Dos principios han guiado esa selección: el nombre escogido debe ser el de un "amor ilícito" de Júpiter, pero un nombre que haya sido olvidado por esos infatigables examinadores de los clásicos que escogen los nombres para los asteroides, y debe acabar en *a* o en *e* según que la luna gire en el sentido de las agujas del reloj o en sentido contrario alrededor de Júpiter. Pero según la opinión de algunos especialistas en el mundo clásico, esos nombres resultan excesivamente raros y el resultado es que dejan sin representación en el sistema joviano a algunos de los más significados amantes de Júpiter. El resultado es especialmente injusto con Hera (Juno), la esposa tantas veces despreciada de Zeus (Júpiter), que no figura en absoluto. Evidentemente, el suyo no era un amor ilícito. En la tabla de la página 239 aparece una lista alternativa de nombres donde se incluyen la mayoría de los principales amantes y también Hera. Es cierto que de utilizarse esos nombres se duplicarían algunos nombres de asteroides. Tal es precisamente el caso de los cuatro satélites galileanos, aunque la confusión que esa situación ha generado ha sido despreciable. Por otro lado, están los que defienden la posición de Barnard, según la cual basta con los números; entre los más destacados se encuentra Charles Kowal, del *Californian Institute of Technology*, el descubridor de *Júpiter 13* y *14*. Las tres posiciones tienen poderosas razones y será interesante ver cómo se desarrolla el debate. Por lo menos, no tenemos que juzgar todavía los méritos de las sugerencias en lid en cuanto a bautizar elementos sobre la superficie de los satélites jovianos.

Pero ese momento no tardará mucho en llegar. Se conocen treinta y una lunas de Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. No existen fotografías de cerca de ninguna de ellas. Recientemente se ha adoptado la decisión de bautizar los elementos sobre las lunas del sistema solar externo con los nombres de figuras mitológicas de todas las culturas. Sin embargo, muy pronto la misión *Voyager* obtendrá imágenes de alta resolución de unas diez lunas y también de los anillos de Saturno. El área de la superficie total de los relativamente pequeños objetos del sistema solar exterior supera ampliamente las áreas de Mercurio, Venus, la Tierra, la Luna, Marte, Fobos y Deimos juntos. Todas las profesiones y culturas humanas tendrán la oportunidad de verse representadas y acaso podrán preverse también nombres de especies no humanas. En la actualidad existen posiblemente más astrónomos profesionales vivos que en toda la historia escrita previa de la humanidad. Supongo que muchos de ellos también serán conmemorados en el sistema solar externo —un cráter en Calisto, un volcán en Titán, una cordillera en Miranda, un ventisquero en el cometa Halley. (Por cierto, a los cometas se les designa por los nombres de sus descubridores.)

Kowal ha descubierto recientemente un objeto pequeño muy interesante que gira alrededor del Sol entre las órbitas de Urano y Saturno. Puede tratarse del miembro de mayor volumen de un nuevo cinturón de asteroides. Kowal propone llamarle Quirón, nombre del centauro que educó a muchos dioses y héroes de la mitología griega. Si se descubren otros asteroides transaturnianos, podría asignárseles los nombres de otros centauros.

A veces me pregunto cuál será el resultado final —si los que han sido grandes rivales quedarán separados al ser destinados a mundos distintos, o si aquéllos que han hecho descubrimientos en colaboración quedarán unidos para siempre, con sus respectivos cráteres adyacentes—. Se han manifestado objeciones en el sentido de que los filósofos de la política resultan demasiado controvertidos. Personalmente me encantaría ver dos enormes cráteres yuxtapuestos llamados Adam Smith y Karl Marx. Incluso existen demasiados objetos en el sistema solar como para dedicarlos sólo a líderes políticos y militares ya fallecidos. Hay personas que han sugerido que la astronomía podría financiarse a base de vender nombres de cráteres a los mejores postores; creo, no obstante, que esa idea no llegará muy lejos.

Existe un curioso problema relacionado con los nombres en el sistema solar exterior. Muchos de los objetos tienen una densidad tremendamente pequeña... como si fuesen de hielo, a modo de grandes bolas de nieve esponjosa de decenas o centenares de millas de diámetro. Si bien los objetos que se precipitan sobre dichos cuerpos producirán

necesariamente cráteres, estos no perdurarán en el hielo por mucho tiempo. Cuando menos en algunos objetos del sistema solar exterior, los nombres de los elementos superficiales pueden ser pasajeros. Tal vez sea una ventaja: nos permitirá revisar nuestras opiniones sobre políticos u otros personajes y corregir eventualmente las decisiones en las que nuestro fervor nacional o ideológico se haya reflejado en la nomenclatura del sistema solar. La historia de la astronomía pone de manifiesto que es mejor ignorar algunas sugerencias sobre nomenclatura celeste. Por ejemplo, en 1688 Erhard Weigel de Jena propuso una revisión de las constelaciones del Zodíaco —Leo, Virgo, Piscis y Acuario, que todo el mundo tiene presentes cuando se le pregunta a qué signo pertenece—. En su lugar, Weigel propuso un "cielo heráldico" en el que las familias reales europeas estuviesen representadas por sus animales de tutela: un león y un unicornio en el caso de Inglaterra, por ejemplo. Me produce escalofríos imaginar la astronomía estelar descriptiva actual si se hubiese adoptado esa idea en el siglo XVII. El cielo estaría subdividido en doscientas diminutas regiones, una para cada nación o estado existente en un determinado momento.

La denominación de elementos del sistema solar no es básicamente una tarea de las ciencias exactas. Históricamente ha topado a cada momento con el prejuicio, la patriotería y la imprevisión. Sin embargo, y aunque sea algo pronto para autofelicitarse, considero que los astrónomos han dado últimamente pasos importantes en el sentido de quitarle localismo a la nomenclatura y hacerla representativa de toda la humanidad. También hay quienes piensan que se trata de una tarea intrascendente o cuando menos ingrata, pero algunos de nosotros estamos convencidos de su importancia. Nuestros más remotos descendientes estarán utilizando nuestra nomenclatura para sus hogares en la torrida superficie de Mercurio, en las laderas de los valles marcianos, en las faldas de los volcanes de Titán, o en el campo helado del lejano Plutón, donde el Sol aparece como un punto brillante en un cielo de persistente oscuridad. Su visión de nosotros, de lo que estimamos y apreciamos hoy, puede ser básicamente determinada por cómo bautizamos hoy las lunas y los planetas.

## 12. VIDA EN EL SISTEMA SOLAR

—A nadie veo en el camino —dijo Alicia.

—Me gustaría tener esos ojos —observó el Rey en tono malhumorado—. ¡Ser capaz de ver a Nadie! ¡Y a esa distancia, además! ¡Si esto es lo más que puedo hacer por ver a la gente de verdad, con esta luz!

LEWIS CARROLL, *Alicia a través del espejo*

Hace más de trescientos años, Anton van Leeuwenhoek, de Delft, exploró un nuevo mundo. Con el primer microscopio pudo observar una infusión de heno y quedó asombrado al comprobar que en ella pululaban pequeños seres:

*"El 24 de abril de 1676, cuando observaba por casualidad ese agua, vi en ella, con gran asombro, una cantidad increíblemente grande de pequeños animálculos de varios tipos; entre otros, unos que eran tres o cuatro veces más largos que anchos. Su grosor era, a mi juicio, no mucho mayor que uno de los pequeños pelos que cubren el cuerpo de un piojo. Esos seres tenían unas patas muy cortas y delgadas sobre la cabeza (aunque fui incapaz de reconocer una cabeza, hablo así de ella por la única razón de que esa parte siempre iba hacia delante al moverse)... Cerca de la parte trasera había un glóbulo muy claro; y aprecié que la parte más trasera estaba ligeramente partida. Estos animálculos son muy astutos al moverse y a menudo dan vueltas en redondo".*

Esos diminutos *animálculos* no habían sido vistos jamás por ningún ser humano. Y sin embargo, Leeuwenhoek no tuvo ninguna dificultad en considerarlos seres vivos.

Dos siglos más tarde, Louis Pasteur elaboró a partir del descubrimiento de Leeuwenhoek la teoría de las enfermedades provocadas por gérmenes y sentó las bases de una gran parte de la medicina moderna. Los objetivos de Leeuwenhoek no eran prácticos en absoluto, pero sí exploratorios y audaces. Él mismo nunca intuyó las futuras aplicaciones prácticas de su trabajo.

En mayo de 1974, la *Royal Society* de Gran Bretaña celebró una reunión para debatir sobre el tema *"El reconocimiento de la vida extraña"*. La vida en la Tierra se ha desarrollado a través de una progresión lenta, tortuosa y paulatina, conocida con el nombre de *evolución por selección natural*. Los factores aleatorios desempeñan un papel crítico en todo ese proceso —como, por ejemplo, qué gen en qué momento mutará o cambiará por la acción de un fotón ultravioleta o un rayo cósmico procedente del espacio—. Todos los organismos de la Tierra están exquisitamente adaptados a los caprichos de su entorno natural. En algún planeta, con distintos factores aleatorios en juego y entornos extremadamente exóticos, la vida puede haber evolucionado de forma muy distinta. Si, por ejemplo, se hace llegar un vehículo a Marte, ¿seríamos incluso capaces de reconocer las formas de vida local?

Un tema sobre el que la discusión de la *Royal Society* hizo mucho hincapié fue que la vida en cualquier lugar podría reconocerse por su improbabilidad. Pensemos en los árboles, por ejemplo. Los árboles son estructuras largas y flacas que sobresalen del suelo, más gruesos en la parte baja que en la copa. Es fácil ver que después de milenios de erosión por el agua y el viento, la mayoría de los árboles deben haber caído. Están en desequilibrio mecánico.

Son estructuras inverosímiles. No todas las estructuras de copa pesada han sido producidas por la biología. Existen, por ejemplo, las rocas fungiformes de las zonas desérticas. Pero si lo que se observase fuese una gran cantidad de estructuras de copa pesada, todas con la misma apariencia, deduciríamos lógicamente que tendrían un origen biológico. Como en el caso de los *animáculos* de Leeuwenhoek. Existen muchos de ellos, muy parecidos entre sí, de estructuras complejas y, en principio, muy improbables. Sin haberlos visto nunca antes, intuiríamos con acierto que son biológicos.

Se ha debatido intensamente acerca de la naturaleza y la definición de la vida. Las definiciones más acertadas hacen referencia al proceso evolutivo. Pero no podemos esperar a llegar a otro planeta y ver si algún objeto de las inmediaciones está evolucionando. No tenemos tiempo para eso. La búsqueda de la vida debe hacerse desde una óptica mucho más práctica. Este punto apareció con cierta elegancia en la reunión de la *Royal Society* cuando, tras un diálogo caracterizado por una intensa vaguedad metafísica, se levantó sir Peter Medawar y dijo: "*Caballeros, todos los presentes en esta sala conocen la diferencia entre un caballo vivo y un caballo muerto. Les rogaría, por tanto, que dejásemos de hostigar a este caballero*". Medawar y Leeuwenhoek hubiesen estado completamente de acuerdo.

Pero, ¿existen árboles o animáculos en otros mundos de nuestro sistema solar? La respuesta es sencilla: nadie lo sabe todavía. Desde los planetas más cercanos, resultaría imposible detectar fotográficamente la presencia de vida en nuestro propio planeta. Incluso con las observaciones orbitales más próximas de Marte conseguidas hasta la fecha, desde los vehículos norteamericanos *Mariner 9* y *Viking 1* y *2*, no se aprecian los detalles superficiales menores de 100 metros de longitud. Como quiera que incluso los más ardientes entusiastas de la vida extraterrestre no defienden la existencia de elefantes marcianos de 100 metros de longitud, todavía faltan por realizar muchas pruebas importantes.

Hasta el momento, tan sólo podemos evaluar las condiciones ambientales de los demás planetas, determinar si son tan duras como para excluir la vida —incluso bajo formas distintas a las que conocemos en la Tierra— y, en el caso de entornos más benignos, especular tal vez sobre las formas de vida que puedan darse. La única excepción está en los resultados del aterrizaje de los *Viking*, comentados brevemente más arriba.

Un lugar puede resultar demasiado caluroso o demasiado frío para la vida. Si las temperaturas son excesivamente elevadas —por ejemplo, varios miles de grados centígrados—, entonces las moléculas que constituirían el organismo se descompondrían. Así, se ha excluido el Sol como sede de la vida. Por otra parte, si las temperaturas son excesivamente bajas, entonces las reacciones químicas que configuran el metabolismo interno del organismo se producirían a una velocidad demasiado baja. Por esa razón, los restos frígidos de Plutón se han excluido como sede de la vida. Sin embargo, existen reacciones químicas que se producen a velocidades considerables a temperaturas bajas, pero son poco conocidas en la Tierra, donde a los químicos les disgusta trabajar en el laboratorio a  $-230^{\circ}$  C. Debemos evitar caer en una visión demasiado chauvinista de la materia.

Los planetas exteriores gigantes del sistema solar, Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, se excluyen a veces por razones biológicas, dado que sus temperaturas son muy bajas. Pero esas temperaturas son las de sus nubes superiores. En las zonas inferiores de las atmósferas de esos planetas, como en la atmósfera de la Tierra, deberán darse condiciones mucho más benignas. Y parecen ser ricas en moléculas orgánicas. De ninguna manera pueden excluirse.

Así como los seres humanos necesitamos oxígeno, difícilmente puede recomendarse éste, ya que existen muchos organismos para los cuales el oxígeno es un veneno. Si no existiese la fina capa protectora de ozono de nuestra atmósfera, creada a partir del oxígeno por la luz solar, rápidamente quedaríamos achicharrados por la luz ultravioleta procedente del Sol. Pero, dicho de otra manera, pueden imaginarse fácilmente parasoles ultravioletas o

moléculas biológicas impermeables a la radiación *cuasi* ultravioleta. Esas consideraciones no hacen sino subrayar nuestra ignorancia.

Una distinción importante con relación a los demás mundos de nuestro sistema solar es el espesor de sus atmósferas. En ausencia total de atmósfera, resulta muy difícil concebir la vida. Pensamos que, como en la Tierra, en los demás planetas la biología debe estar presidida por la luz solar. En nuestro planeta, las plantas comen luz solar y los animales comen plantas. Si todos los organismos de la Tierra se viesan forzados (por una catástrofe inimaginable) a llevar una existencia subterránea, la vida dejaría de existir en cuanto se agotasen las existencias de alimentos. Las plantas, los organismos fundamentales de cualquier planeta, deben estar expuestas al Sol. Pero si un planeta no dispone de atmósfera, no sólo la radiación ultravioleta, sino también los rayos X y los rayos gamma y las partículas cargadas del viento solar se precipitarían sin obstáculo alguno sobre la superficie planetaria destruyendo las plantas.

Pero, además, se requiere una atmósfera para el intercambio de materiales de forma que no se gasten todas las moléculas básicas para la biología. En la Tierra, por ejemplo, las plantas verdes liberan oxígeno —un producto de desecho para ellas— a la atmósfera. Muchos animales que respiran, como por ejemplo los seres humanos, inhalan oxígeno y liberan dióxido de carbono, que a su vez aceptan las plantas. Sin ese sabio (y penosamente alcanzado) equilibrio entre las plantas y los animales, enseguida nos quedaríamos sin oxígeno o sin dióxido de carbono. Por esas dos razones —protección ante la radiación e intercambio molecular— para la vida parece necesaria una atmósfera.

Algunos de los mundos de nuestro sistema solar tienen atmósferas extremadamente delgadas. Por ejemplo, nuestra Luna posee en su superficie menos de una millonésima parte de la presión atmosférica terrestre. Los astronautas de las sucesivas misiones *Apollo* examinaron seis lugares de la cara visible de la Luna. No encontraron ni estructuras de copa pesada ni animales que se desplazasen pesadamente. De la Luna se trajeron casi cuatrocientos kilogramos de muestras que fueron examinadas meticulosamente en los laboratorios terrestres. No se han encontrado ni animálculos, ni microbios, muy pocos compuestos orgánicos y sólo rastros de agua. Esperábamos que no hubiese vida en la Luna, y así parece confirmarse. Mercurio, el planeta más cercano al Sol, se parece a la Luna. Su atmósfera es extraordinariamente sutil y no debiera hacer posible la vida. En el sistema solar exterior existen muchos grandes satélites del tamaño de Mercurio o de nuestra Luna, compuestos por mezclas de rocas (como la Luna y Mercurio) y hielos. En esa categoría se encuentra Ío, la segunda luna de Júpiter. Su superficie parece estar cubierta por una especie de depósito rojizo de sal. Muy poco sabemos de él. Pero, precisamente por su baja presión atmosférica, no es de esperar que haya vida allí.

Hay también planetas con atmósferas moderadas. La Tierra es el ejemplo más conocido. Aquí la vida ha desempeñado un papel fundamental en la determinación de la composición de nuestra atmósfera. Evidentemente, el oxígeno lo produce la fotosíntesis de las plantas verdes, pero se piensa incluso que el nitrógeno es producido por bacterias. El oxígeno y el nitrógeno constituyen por sí solos el 99 por ciento de nuestra atmósfera, cuya composición ha sufrido el trabajo continuo y a gran escala de la vida en nuestro planeta.

La presión total en Marte es aproximadamente la mitad de un uno por ciento de la terrestre, pero su atmósfera esta compuesta fundamentalmente por dióxido de carbono. Existen pequeñas cantidades de oxígeno, vapor de agua, nitrógeno y otros gases. Evidentemente, la atmósfera de Marte no ha sufrido el trabajo continuo de la biología, pero no sabemos lo suficiente de Marte como para excluir la posibilidad de vida. En algunos momentos y lugares, tiene temperaturas adecuadas, así como una atmósfera suficientemente densa y también agua abundante almacenada en el suelo y en los casquetes polares. Algunas variedades de microorganismos terrestres podrían sobrevivir muy bien allí. El *Mariner 9* y los *Viking* encontraron centenares de lechos de río secos, posibles exponentes de que en alguna época de la historia geológica reciente del planeta corría por ellos agua líquida en abundancia. Es un mundo en espera de exploración.

Un tercer ejemplo aunque menos conocido de lugares con atmósferas moderadas es Titán, la luna mayor de Saturno. Titán parece tener una atmósfera de una densidad comprendida entre las de Marte y la Tierra. Sin embargo, esa atmósfera está fundamentalmente constituida por hidrógeno y metano, y está coronada por una capa continua de nubes rojizas —posiblemente formadas por complejas moléculas orgánicas—. Debido a su lejanía, solo recientemente se ha centrado sobre Titán la atención de los exobiólogos; hoy se afirma como una promesa fascinante a largo plazo.

Los planetas con atmósferas muy densas presentan un problema especial. Como ocurre en la Tierra, esas atmósferas son frías en la parte superior y calientes cerca del suelo. Pero cuando la atmósfera es muy espesa, las temperaturas próximas al suelo resultan demasiado elevadas para la biología. En el caso de Venus, las temperaturas superficiales son de unos 480° C; en los planetas jovianos, alcanzan los miles de grados centígrados. Tenemos la impresión de que todas esas atmósferas son convectivas, atravesadas por vientos verticales que transportan materiales en ambas direcciones. Posiblemente no pueda imaginarse la vida en esas superficies a causa de sus elevadas temperaturas. El medio ambiente de las nubes es perfectamente adecuado, pero la convección llevaría esos hipotéticos organismos de las nubes hacia sus profundidades, donde se achicharrarían. Existen dos soluciones obvias. Pueden existir pequeños organismos que se reproduzcan al mismo ritmo que son llevados hacia abajo, hacia la cazuela planetaria, o bien los organismos pueden mantenerse a flote. Los peces de la Tierra disponen de vejigas natatorias para ese mismo fin; tanto en Venus como en los planetas jovianos puede pensarse en organismos básicamente repletos de hidrógeno. Para poder flotar en las temperaturas moderadas de Venus, deberían tener unos cuantos centímetros de longitud, pero para eso mismo en Júpiter tendrían que ser por lo menos de varios metros —del tamaño de pelotas de ping-pong y de los globos meteorológicos, respectivamente—. No sabemos si existen esos animales, pero resulta interesante darse cuenta de que pueden considerarse como una posibilidad que no atenta contra nuestros conocimientos actuales de física, química y biología.

Nuestra profunda ignorancia acerca de la posible existencia de vida en otros planetas puede finalizar en el curso del presente siglo. Existen planes elaborados para examinar, tanto desde el punto de vista químico como biológico, todos esos mundos candidatos. El primer paso lo constituyeron las misiones norteamericanas *Viking*, que consiguieron posar dos sofisticados laboratorios automáticos sobre Marte en verano de 1976, casi trescientos años justos después del descubrimiento de los animálculos en la infusión de heno por parte de Leeuwenhoek. Los *Viking* no encontraron ninguna estructura curiosa por los alrededores (ni tampoco ninguna que vagase por ahí) del tipo de copa pesada, así como tampoco detectaron moléculas orgánicas. De tres experimentos sobre el metabolismo microbiano, dos de ellos, realizados en los dos lugares en que se posaron los vehículos, dieron repetidamente lo que parecían ser resultados positivos. Las implicaciones siguen debatiéndose intensamente todavía. Además, cabe recordar que los dos vehículos *Viking* examinaron con detalle, incluso fotográficamente, menos de una millonésima parte de la superficie del planeta. Se requieren más observaciones, en especial realizadas con instrumentos más sofisticados (incluyendo telescopios) y con vehículos móviles. Pero, a pesar de la ambigüedad de los resultados de los *Viking*, esas misiones representan la primera ocasión en toda la historia de la especie humana en que se ha examinado cuidadosamente otro mundo en busca de vida.

Es posible que en las próximas décadas se envíen sondas capaces de mantenerse a flote en las atmósferas de Venus, Júpiter y Saturno, y vehículos que se posen sobre Titán, y que se realicen estudios detallados de la superficie marciana. En la séptima década del siglo XX se inició una nueva era de la exploración planetaria y de la exobiología. Vivimos en una época de aventura y de enorme interés intelectual; pero también, como lo demuestra el paso de Leeuwenhoek a Pasteur, en medio de un empeño que promete tener grandes resultados prácticos.



### 13. TITÁN, LA ENIGMÁTICA LUNA DE SATURNO

Es Titán, calentado por una manta de hidrógeno; sus volcanes helados lanzan amoníaco arrancado de un corazón glacial. Las lavas líquidas y heladas sostienen un imperio mayor que Mercurio, y también un poco como la primitiva Tierra: llanuras de asfalto y mares de mineral caliente. Pero cómo me gustaría probar las aguas de Titán, bajo su cielo surcado por los humos, donde el suelo aparece borroso por la neblina rojiza de arriba, como cavernas flotantes, nubes que se elevan y se desplazan, de las que cae material vítreo primigenio, mientras la vida espera en las alas.

DIANE ACKERMAN, *The Planets* (Morrow, Nueva York, 1976)

Titán no es un nombre conocido, ni un mundo conocido.

Normalmente no reparamos en él cuando revisamos una lista de objetos del sistema solar. Pero en los últimos años este satélite de Saturno se ha convertido en un lugar de interés extraordinario y de singular importancia para la exploración futura. Nuestros estudios más recientes sobre Titán indican que posee una atmósfera muy parecida a la de la Tierra —por lo menos en cuanto a su densidad—; más que cualquier otro objeto del sistema solar. Este sólo hecho le proporciona una nueva significación, en una época en que se inicia seriamente la exploración de otros mundos.

Además de ser el mayor satélite de Saturno, Titán también es, según el reciente estudio de Joseph Veverka, James Elliot y otros, de la Universidad de Cornell, el mayor satélite del sistema solar (unos 5.800 kilómetros de diámetro). Titán es mayor que Mercurio y casi tan grande como Marte. Y sin embargo está en órbita alrededor de Saturno.

Examinando los dos mundos mayores del sistema solar exterior, Júpiter y Saturno, podemos obtener algunas pistas sobre la naturaleza de Titán. Ambos planetas presentan una coloración global rojiza o marrón. Es decir, la capa superior de nubes que vemos desde la Tierra tiene fundamentalmente esa coloración. Algo en la atmósfera y las nubes de esos planetas es capaz de absorber fuertemente la luz azul y la ultravioleta, de forma que la luz que refleja hacia nosotros es básicamente roja. De hecho, el sistema solar exterior posee un cierto número de objetos que son especialmente rojos. Aunque no disponemos de fotografías en color de Titán, ya que se encuentra a 800 millones de millas y tiene un tamaño angular menor que el de los satélites galileanos de Júpiter, los estudios fotoeléctricos ponen de manifiesto que ese satélite es efectivamente muy rojo. Los primeros astrónomos en plantearse ese problema creían que Titán era rojo por la misma razón que lo es Marte: por su superficie oxidada. Pero entonces la causa del color rojo de Titán sería muy distinta de la correspondiente a Júpiter o a Saturno, puesto que no llegamos a ver la superficie sólida de estos últimos planetas.

En 1944, Gerard Kuiper detectó espectroscópicamente una atmósfera de metano alrededor de Titán, siendo el primer satélite en el que se encontró una atmósfera. Desde entonces se han confirmado las observaciones de metano y Lawrence Trafton, de la Universidad de Texas, ha aportado una prueba sugestiva (o cuando menos moderadamente sugestiva) sobre la presencia de hidrógeno molecular.

Como se conoce la cantidad de gas necesaria para producir las características de absorción espectral observadas y como también se conoce, a partir de su masa y radio, la gravedad superficial en Titán, puede deducirse la presión atmosférica mínima. El resultado viene a ser de 10 milibares, un uno por ciento de la presión atmosférica terrestre; es una presión que supera a la de Marte. Titán posee la presión atmosférica más parecida a la de la Tierra de todo el sistema solar.

Las mejores, aunque también las únicas imágenes basadas en observaciones telescópicas visuales de Titán, han sido realizadas por Audouin Dollfus en el Observatorio de Meudon, Francia. Se trata de unos dibujos a mano trazados junto al telescopio en momentos de estabilidad atmosférica. Basándose en las formas variables que observó, Dollfus dedujo que en Titán se producían acontecimientos que no guardaban relación directa con el período de rotación del satélite (se considera que Titán siempre muestra la misma cara ante Saturno, como ocurre en el caso de nuestra Luna y la Tierra). Dollfus supuso que debían de ser nubes dispersas.

Nuestro conocimiento de Titán ha experimentado un número sustancial de saltos cuánticos en los últimos años. Los astrónomos han logrado obtener la curva de polarización de ciertos objetos pequeños. La idea consiste en que inicialmente la luz solar no polarizada cae sobre Titán y es polarizada en la reflexión. Esa polarización la detecta un instrumento cuyo principio es parecido, aun siendo mucho más sofisticado y más sensible, al de las gafas de sol «polaroid». La cantidad de polarización se mide conforme Titán pasa a través de unas pocas fases —entre la fase de Titán «lleno» y la de Titán «menguante». Al comparar la curva de polarización resultante con las disponibles en el laboratorio, se obtienen datos sobre el tamaño y la composición del material que provoca la polarización.

Las primeras observaciones de la polarización de Titán fueron realizadas por Joseph Veverka e indicaban que la luz solar es reflejada básicamente por las nubes de Titán y no por una superficie sólida. Al parecer hay en Titán una superficie y una atmósfera baja que no somos capaces de ver; encima una capa de nubes opaca y una atmósfera por encima de ésta, ambos elementos visibles para nosotros; y un sistema de nubes ocasionales dispersas, más exterior todavía. Como Titán se ve de color rojo y lo vemos al nivel de la capa de nubes, debemos concluir que en Titán existen nubes rojas.

Una confirmación adicional de esa idea la proporciona la pequeñísima cantidad de luz ultravioleta reflejada por Titán, según las mediciones del Observatorio Astronómico Orbital. La única forma de que se mantenga a bajo nivel el brillo ultravioleta de Titán es la de suponer que los elementos que absorben el ultravioleta se encuentran a considerable altitud en la atmósfera. De no ser así, la reflexión Rayleigh provocada por las moléculas atmosféricas haría que Titán brillase en el ultravioleta (la reflexión Rayleigh es la reflexión preferente de la luz azul más que de la luz roja, y es la explicación del color azulado del cielo de la Tierra). Pero los materiales que absorben el ultravioleta y el violeta aparecen rojos en la luz reflejada. Así pues, se dan dos consideraciones distintas (o tres, teniendo en cuenta los dibujos a mano) que sugieren la existencia de un amplio recubrimiento de nubes en Titán. ¿Qué entendemos por amplio? Mas del 90 por ciento de Titán debe de encontrarse bajo las nubes para que cuadren los datos de polarización. Titán parece estar cubierto por densas nubes rojas.

Un segundo y sorprendente descubrimiento se produjo en 1971, cuando D. A. Allen, de la Universidad de Cambridge, y T. L. Murdock, de la Universidad de Minnesota, encontraron que la emisión infrarroja por causa del calentamiento solar observada en Titán a longitudes de onda comprendidas entre 10 y 14 micrones es más del doble que la esperada. Titán es demasiado pequeño como para tener una importante fuente interna de energía, como ocurre con Júpiter o Saturno. La única explicación parecería ser un efecto invernadero, según el cual la temperatura superficial aumenta hasta que la radiación infrarroja saliente contrarresta la radiación visible absorbida que recibe el satélite. Es ese mismo efecto invernadero el que mantiene la temperatura superficial de la Tierra por encima de los 0° C y la de Venus a 480° C.

Pero, ¿qué provoca en Titán un efecto invernadero? Difícilmente será el dióxido de carbono o el vapor de agua, como ocurre en la Tierra y Venus, ya que estos gases se encuentran helados en su mayoría en Titán. He calculado que unos cuantos centenares de milibares de hidrógeno (1.000 milibares es la presión atmosférica total a nivel del mar en la Tierra) serían capaces de proporcionar un adecuado efecto invernadero. Como se trata de una cantidad de hidrógeno superior a la observada, las nubes debieran ser opacas en ciertas longitudes de onda corta y casi transparentes en ciertas longitudes de onda más largas. James Pollack, del Ames Research Center de la NASA, ha calculado que también bastaría con unos centenares de milibares de presión de metano y, además, consigue explicar algunos detalles del espectro de emisión infrarrojo de Titán. Esa gran cantidad de metano tendría que estar por debajo de las nubes. Ambos modelos del efecto invernadero tienen la virtud de utilizar sólo gases que se cree existen en Titán; evidentemente, ambos gases pueden desempeñar un papel importante.

Robert Danielson, recientemente fallecido, y sus colegas de la Universidad de Princeton propusieron un modelo alternativo de atmósfera para Titán. Sugirieron que las pequeñas cantidades de hidrocarburos sencillos —etano, etileno y acetileno— observados en la atmósfera alta de Titán absorben luz ultravioleta del sol y calientan la atmósfera alta. Entonces, lo que vimos en el infrarrojo es la atmósfera alta caliente, y no la superficie. Este modelo no requiere una superficie enigmáticamente caliente, ni efecto invernadero, ni presión atmosférica de unos centenares de milibares.

¿Qué punto de vista es el correcto? Por el momento nadie lo sabe. La situación actual recuerda la época de los estudios de Venus en los años '60, cuando ya se sabía que la temperatura de brillo *radio* del planeta era elevada y se debatía calurosamente (pero con propiedad) si la emisión procedía de una superficie caliente o de una región caliente de la atmósfera. Como las ondas radio lo atraviesan todo excepto las atmósferas y nubes más densas, el problema de Titán podrá resolverse en cuanto dispongamos de una medición fiable de la temperatura de brillo *radio* del satélite. La primera medición de ese tipo fue realizada por Frank Briggs, de Cornell, con el interferómetro gigante del *National Radio Astronomy Observatory* de Green Bank, West Virginia. Briggs determinó una temperatura superficial de Titán de  $-140^{\circ}\text{C}$ , con un margen de error de  $45^{\circ}\text{C}$ . Caso de no producirse el efecto invernadero, la temperatura tendría que ser de  $-185^{\circ}\text{C}$ ; por tanto, las observaciones de Briggs parecen sugerir la presencia de un efecto invernadero de cierta envergadura y de una atmósfera densa, aunque el margen de error de la medición es lo suficientemente grande como para no descartar el caso de un efecto invernadero nulo.

Observaciones posteriores llevadas a cabo por otros dos grupos de radioastrónomos proporcionan valores a la vez mayores y menores que los resultados de Briggs. Los elevados valores de las temperaturas se acercan sorprendentemente a los de las regiones frías de la Tierra. La situación en que se encuentra actualmente la observación, al igual que la atmósfera de Titán, parece un tanto oscura. El problema podría resolverse si pudiésemos medir el tamaño de la superficie sólida de Titán mediante el radar (los instrumentos ópticos sólo proporcionan la distancia que separa la capa de nubes de su correspondiente zona diametralmente opuesta). Posiblemente ese problema tenga que esperar a los estudios que realizará la misión *Voyager*, en la que se tiene previsto el envío de dos vehículos muy sofisticados hacia Titán —uno de ellos pasará muy cerca de él— en 1981.

Sea cual fuere el modelo que seleccionemos, es coherente con las nubes rojas. Pero, ¿de qué están formadas? Si consideramos una atmósfera de metano e hidrógeno y le damos energía, se constituirá una serie de compuestos orgánicos, tanto hidrocarburos sencillos (como los requeridos para dar lugar a la zona de inversión de Danielson en la atmósfera alta) como complejos. En nuestro laboratorio de Cornell, Bishun Khare y yo hemos simulado los tipos de atmósferas que existen en el sistema solar exterior. Las complejas moléculas orgánicas que se sintetizan en ellas tienen propiedades ópticas parecidas a las de las nubes de Titán. Pensamos que hay indicios importantes de la existencia de abundantes compuestos orgánicos en Titán, tanto en forma de gases simples en la atmósfera, como de complejos orgánicos en las nubes y en la superficie.

Uno de los problemas de una amplia atmósfera en Titán es el de que el ligero gas hidrógeno debería estar fluyendo hacia el exterior debido a su baja densidad. La única forma en que puedo explicar esa situación consiste en decir que el hidrógeno se encuentra en estado estable. Es decir, escapa, pero se renueva a partir de alguna fuente interna —lo más probable es que se trate de volcanes—. La densidad de Titán es tan baja que su interior debe de estar constituido principalmente por hielos. Podemos considerarlo como un cometa gigante formado por hielos de metano, amoníaco y agua. Pero debe tener también una pequeña mezcla de elementos radiactivos que, al desintegrarse, van calentando el medio. El problema de la conducción del calor ha sido estudiado por John Lewis, del *Massachusetts Institute of Technology*; de ese estudio se desprende que el subsuelo de Titán debe ser de consistencia fangosa. El metano, el amoníaco y el vapor de agua deben fluir desde el interior y romperse por la acción de la luz solar ultravioleta, produciendo al mismo tiempo hidrógeno atmosférico y los compuestos orgánicos de las nubes. Debe haber volcanes superficiales formados por hielos y no por rocas, capaces de lanzar en sus erupciones ocasionales hielo líquido en lugar de rocas líquidas, una lava compuesta por metano, amoníaco y tal vez agua.

El escape de ese hidrógeno tiene otra consecuencia. Una molécula atmosférica capaz de alcanzar la velocidad de escape de Titán no tiene, en general, por qué alcanzar la velocidad de escape de Saturno. Así, tal como han indicado Thomas McDonouyh y el recientemente fallecido Neil Brice, de Cornell, el hidrógeno que va perdiendo Titán formaría un toroide difuso de gas hidrógeno alrededor de Saturno. Se trata de una predicción interesante, expuesta por primera vez para el caso de Titán, pero posiblemente aplicable también a otros planetas. El *Pioneer 10* ha detectado ese toroide de hidrógeno alrededor Júpiter en las proximidades de Ío. En cuanto el *Pioneer 11* y los *Voyager 1* y *2* se acerquen a Titán, estarán en condiciones de detectar el toroide producido por Titán.

Titán será el objeto más fácil de explorar en el sistema solar exterior. Los mundos que casi no disponen de atmósfera, como los asteroides, presentan un problema de aterrizaje puesto que en ellos no puede utilizarse la resistencia atmosférica para frenar. Los mundos gigantes como Júpiter y Saturno presentan el problema inverso: la aceleración debida a la gravedad es tan elevada y el aumento de la densidad atmosférica tan rápido que resulta difícil diseñar una sonda atmosférica que no se queme al caer hacia la superficie. Sin embargo, Titán tiene una atmósfera bastante densa y una gravedad bastante baja. Si estuviese algo más cerca, posiblemente ya estaríamos ahora lanzando sondas para que recorriesen su atmósfera.

Titán es un mundo encantador, deslumbrante e instructivo, del que nos hemos dado cuenta repentinamente que es accesible a la exploración mediante vuelos de aproximación para determinar los grandes parámetros y buscar hendiduras en las nubes; mediante sondas atmosféricas para conocer las nubes rojas y su misteriosa atmósfera; y mediante vehículos de aterrizaje, para examinar una superficie como ninguna de las conocidas. Titán proporciona una oportunidad inmejorable para estudiar las especies de la química orgánica que en la Tierra han supuesto el origen de la vida. A pesar de sus bajas temperaturas, no es para nada imposible que exista una biología titánica. La geología de su superficie puede ser única en todo el sistema solar. Titán esta esperando...

## 14. LOS CLIMAS DE LOS PLANETAS

*¿No es acaso la altura del humor silencioso lo que causa un cambio desconocido en el clima de la Tierra?*

ROBERT GRAVES, *the Meeting*

Se cree que, hace de 30 a 10 millones de años, las temperaturas de la Tierra disminuyeron lentamente, pero sólo unos pocos grados centígrados. Pero muchos animales y plantas tienen ciclos biológicos ajustados muy sensibles a la temperatura; grandes zonas forestales tuvieron que recular hacia latitudes más tropicales. El retroceso de las selvas modificó lentamente los hábitats de los pequeños animales peludos binoculares, que sólo pesaban unos pocos kilos y que pasaban su existencia saltando de rama en rama con la ayuda de sus brazos. Una vez desaparecidas las selvas, sólo quedaron aquellas criaturas peludas capaces de sobrevivir en las sabanas de matorrales. Unas decenas de millones de años más tarde, esos animales dejaron dos clases de descendientes: una en la que se incluyen los mandriles y otra de seres humanos. Es posible que debemos nuestra existencia a cambios climáticos que, por término medio, no sobrepasan los pocos grados. Esos cambios han provocado la aparición de algunas especies y la extinción de otras. El carácter de la vida en nuestro planeta ha quedado poderosamente marcado por esas variaciones y cada vez resulta más claro que el clima continúa modificándose en la actualidad.

Existen muchos indicadores de los cambios climáticos del pasado. Algunos métodos penetran en profundidad en el pasado, otros tienen sólo un campo de aplicación limitado. Los métodos también difieren por su fiabilidad. Uno de ellos, con validez de hasta un millón de años, se basa en el cociente de los isótopos de oxígeno 18 y oxígeno 16 en los carbonatos de las conchas de los foraminíferos fósiles. En esas conchas, que pertenecen a especies muy parecidas a las que podemos estudiar en la actualidad, el cociente de oxígeno 16/oxígeno 18 varía en función de la temperatura del agua en la que se formaron. Un método muy parecido al de los isótopos del oxígeno es el que se basa en el cociente entre los isótopos de azufre 34 y azufre 32. Existen otros indicadores fósiles más directos; por ejemplo, la extendida presencia de corales, higueras y palmeras denota temperaturas elevadas y los abundantes restos de grandes animales peludos, como los mamuts, denotan temperaturas frías. El mundo geológico dispone de muchas muestras de las glaciaciones —enormes bloques móviles de hielo que han dejado cantos rodados y vestigios muy característicos de la erosión—. Existe también certeza acerca de la existencia de yacimientos de evaporitas —regiones en las que el agua salada se ha evaporado dejando depósitos salinos—. Esa evaporación se produce preferentemente en los climas cálidos.

Cuando se conjuga toda esta variedad de información climática, aparece un modelo complejo de variación de temperatura. Por ejemplo, en ningún momento la temperatura media de la Tierra es inferior al punto de congelación del agua y en ningún momento tampoco llega a aproximarse al punto normal de ebullición del agua. Pero son muy frecuentes las variaciones de varios grados e incluso pueden haberse producido variaciones de veinte o treinta grados, por lo menos localmente. Se producen fluctuaciones de varios grados centígrados a lo largo de períodos característicos de decenas de miles de años; la sucesión reciente de períodos glaciales e interglaciales mantiene ese ritmo y esa amplitud. Pero existen también fluctuaciones climáticas de períodos mucho mayores, el más largo de los cuales es del orden de varios centenares de millones de años. Los períodos calientes parecen haberse producido hace unos 650 millones de años y unos 270 millones de años. Basándonos en las fluctuaciones climáticas del pasado, nos encontramos en medio de una edad del hielo. Durante la mayoría de la historia de la Tierra no han existido casquetes polares «permanentes» como los que hoy en día constituyen el Ártico y el Antártico. En los últimos siglos, la Tierra ha emergido parcialmente de esa época de hielos gracias a alguna variación climática menor todavía no explicada; existen ciertos indicios que apuntan hacia el hecho de que la Tierra está volviendo a caer en las temperaturas globalmente frías que caracterizan nuestra época, considerada desde la perspectiva de los tiempos geológicos. Es

un hecho establecido que hace unos dos millones de años el lugar que ocupa actualmente la ciudad de Chicago se encontraba cubierto por una capa de hielo de una milla de espesor.

¿Qué factores determinan la temperatura de la Tierra? Vista desde el espacio, es una esfera azul en rotación, salpicada de nubes, desiertos de color rojizo-marrón y brillantes casquetes polares blancos. La energía necesaria para el calentamiento de la Tierra procede casi exclusivamente de la luz solar, siendo la cantidad de energía procedente del núcleo caliente de la Tierra inferior a una milésima de un uno por ciento de la que alcanza la superficie en forma de luz visible desde el Sol. Pero no toda la luz solar es absorbida por la Tierra. Una parte es reflejada nuevamente hacia el espacio por los casquetes polares, las nubes y las rocas y las aguas de la superficie terrestre. La reflectividad media, llamada albedo, de la Tierra se mide directamente desde satélites e indirectamente a partir del brillo terrestre reflejado en la cara oscura de la Luna y tiene un valor del 35 % aproximadamente. El 65 % de la luz solar que es absorbido por la Tierra sirve para calentarla hasta una temperatura que puede calcularse fácilmente. Esta temperatura es de unos  $-18^{\circ}\text{C}$ , por debajo del punto de congelación del agua de mar y unos  $30^{\circ}\text{C}$  más fría que la temperatura media medida sobre la Tierra.

La diferencia se debe al hecho de que este cálculo no tiene en cuenta lo que se llama el efecto invernadero. La luz visible procedente del Sol penetra en la clara atmósfera terrestre y se transmite hasta su superficie. Sin embargo, la superficie, al intentar devolver nuevamente la radiación al espacio, se ve forzada por las leyes de la física a hacerlo en infrarrojos. La atmósfera no es tan transparente en infrarrojos y a algunas longitudes de onda de la radiación infrarroja —como a 6,2 micrones o a 15 micrones— la radiación sólo es capaz de desplazarse unos pocos centímetros antes de ser absorbida por los gases atmosféricos. Como la atmósfera de la Tierra es bastante opaca a los rayos infrarrojos, absorbiéndola a muchas longitudes de onda, la radiación térmica despedida por la superficie terrestre es incapaz de escapar hacia el espacio. Para mantener el equilibrio entre la radiación recibida por la Tierra desde el espacio y la radiación emitida desde la Tierra hacia el espacio, la temperatura superficial de la Tierra aumenta. El efecto de invernadero se debe no a los principales componentes de la Tierra, tales como el oxígeno y el nitrógeno, sino casi exclusivamente a sus componentes menores, en especial el dióxido de carbono y el vapor de agua.

Como ya hemos visto, el planeta Venus posiblemente sea un caso en el que la inyección masiva de dióxido de carbono y de menores cantidades de vapor de agua en la atmósfera planetaria ha provocado un efecto de invernadero de proporciones tan grandes que el agua no puede mantenerse en la superficie en estado líquido; de ahí que la temperatura planetaria se eleve hasta un valor extraordinariamente alto,  $480^{\circ}\text{C}$  en el caso de Venus.

Hasta ahora hemos estado considerando temperaturas medias. Pero la temperatura de la Tierra varía de un lugar a otro. Es más baja en los polos que en el ecuador ya que, en general, la luz solar cae directamente sobre el ecuador y oblicuamente sobre los polos. La tendencia a que exista una gran diferencia de temperaturas entre el ecuador y los polos de la Tierra queda muy matizada por la circulación atmosférica. El aire frío se eleva en el ecuador, desplazándose a gran altitud hacia los polos, donde desciende hacia la superficie y desde allí recorre nuevamente el camino, esta vez a pequeña altitud, desde el polo hasta el ecuador. Este movimiento general —complicado por la rotación de la Tierra, por su topografía y por los cambios de fase del agua— es la causa del tiempo atmosférico.

La temperatura media de unos  $15^{\circ}\text{C}$  que se observa actualmente en la Tierra puede explicarse bastante bien a partir de la intensidad de luz solar observada, del albedo global, de la inclinación del eje de rotación y del efecto invernadero. Pero todos esos parámetros pueden variar, en principio; y los cambios climáticos del pasado o del futuro pueden atribuirse a variaciones de algunos de ellos. De hecho, ha habido casi cien teorías diferentes sobre los cambios climáticos en la Tierra, e incluso en la actualidad el tema se caracteriza por la falta de unanimidad de opiniones. Y ello no es debido a que los climatólogos sean ignorantes por naturaleza, sino más bien a causa de la extraordinaria complejidad del tema.

Posiblemente se den los dos mecanismos de retroalimentación, el positivo y el negativo. Supongamos, por ejemplo, que se produjese una disminución de la temperatura de la Tierra en varios grados. La cantidad de vapor de agua de la atmósfera queda determinada casi prácticamente por la temperatura y disminuye, a través de las nevadas, a medida que disminuye la temperatura. Menos agua en la atmósfera significa un efecto invernadero menor y un nuevo descenso de la temperatura, lo cual puede provocar una cantidad todavía menor de vapor de agua atmosférico, y así sucesivamente. De la misma manera, una disminución de la temperatura puede hacer aumentar la cantidad de hielo en los polos, lo cual haría aumentar el albedo de la Tierra y disminuir todavía más la temperatura. Por otro lado, un descenso de la temperatura puede provocar una disminución de la cantidad de nubes, lo cual haría disminuir el albedo medio de la Tierra y aumentar la temperatura —tal vez lo suficiente como para recuperar la temperatura inicial—. Recientemente se ha afirmado que la biología del planeta Tierra hace la función de un termostato que impide desviaciones excesivas de la temperatura, que podrían acarrear consecuencias biológicas globales muy desafortunadas. Por ejemplo, un descenso de la temperatura podría provocar un incremento de especies de plantas resistentes que cubriesen mucho terreno, haciendo disminuir así el albedo.

Conviene mencionar aquí tres de las teorías de los cambios climáticos más elaboradas e interesantes. La primera se basa en cambios de las variables de la mecánica celeste: la forma de la órbita de la Tierra, la inclinación de su eje de rotación y la precesión del eje varían a lo largo de grandes períodos de tiempo, debido a la interacción de la Tierra con otros objetos celestes próximos. Los cálculos detallados de la magnitud de tales variaciones indican que pueden explicar por lo menos una variación de temperatura de varios grados y, teniendo en cuenta la posibilidad de retroalimentaciones positivas, este hecho, por sí solo, puede llegar a explicar variaciones climáticas mayores.

Un segundo tipo de teorías se basa en las variaciones del albedo. Una de las causas más sorprendentes de tales variaciones es la inyección en la atmósfera terrestre de cantidades masivas de polvo, procedente, por ejemplo, de una explosión volcánica como la del Krakatoa en 1883. Se produjo bastante controversia en torno a si ese polvo calienta o enfría la Tierra, pero la mayoría de los cálculos actuales indican que las pequeñas partículas, al caer muy lentamente desde la estratosfera terrestre, aumentan el albedo de la Tierra y, por tanto, la enfrían. Unos estudios recientes de sedimentos indican que las épocas pretéritas de intensa producción de partículas volcánicas coinciden en el tiempo con épocas de glaciación y de bajas temperaturas. Además, los episodios de formación de montañas y de creación de superficies de terreno en la Tierra hacen crecer el albedo global, dado que la tierra es más brillante que el agua.

Por último existe la posibilidad de variaciones del brillo del Sol. Gracias a las teorías de la evolución solar sabemos que a lo largo de miles de millones de años el Sol ha ido aumentando continuamente su brillo. Este hecho plantea inmediatamente un problema a la climatología más antigua de la Tierra, ya que el Sol debe haber sido un 30 o un 40 por ciento menos brillante hace tres o cuatro mil millones de años; eso basta, aun contando con el efecto invernadero, para haber alcanzado temperaturas globales muy por debajo del punto de congelación del agua de mar. Y sin embargo existe una gran cantidad de indicios geológicos —por ejemplo, huellas de rizos submarinos, «lavas en almohadilla» (*pillow lavas*), producidas por el brusco enfriamiento del magma al sumergirse en el mar, y estromatolitos fósiles producidos por algas marinas— que ponen de manifiesto la presencia de grandes cantidades de agua en aquella época. Para salir de ese apuro, se ha propuesto la posibilidad de que en la atmósfera primera de la Tierra existiesen otros gases de invernadero —especialmente amoníaco— que produjeron el aumento de temperatura necesario. Pero además de esa evolución lentísima del brillo solar, ¿es posible que ocurran variaciones de período corto? Se trata de un problema importante y no resuelto, pero las recientes dificultades para encontrar neutrinos —que, según las teorías de que disponemos, son emitidos desde el interior del Sol— han llevado a la consideración de que el Sol se encuentra actualmente en un período anormal de poco brillo.

La incapacidad por distinguir entre los diversos modelos alternativos de cambios climáticos puede parecer simplemente un problema intelectual especialmente molesto —excepto por el hecho de que cada uno tiene sus consecuencias prácticas e inmediatas de los cambios climáticos—. Algunos datos sobre la tendencia de la temperatura global parecen indicar un aumento muy lento desde el inicio de la revolución industrial hasta 1940 y una alarmante caída de la temperatura global desde entonces. Se ha atribuido ese comportamiento a la combustión de los productos energéticos fósiles, que conlleva dos consecuencias: la liberación de dióxido de carbono, un gas de invernadero, en la atmósfera y, simultáneamente, la inyección en la atmósfera de partículas pequeñas procedentes de la combustión incompleta de los productos. El dióxido de carbono calienta la Tierra; las partículas pequeñas, a través de su pequeño albedo, la enfrían. Podría ser que hasta 1940 estuviese ganando el efecto invernadero y que a partir de entonces lo haga el elevado albedo.

La siniestra posibilidad de que la actividad humana pueda provocar modificaciones climáticas sin quererlo hace aumentar considerablemente el interés por la climatología planetaria. En un planeta con temperaturas en descenso se plantean varias posibilidades de retroalimentación positiva muy preocupantes. Por ejemplo, una combustión creciente de productos energéticos fósiles en un intento de calentarnos a corto plazo puede provocar un enfriamiento rápido duradero. Vivimos en un planeta en el que la tecnología agrícola es responsable de la alimentación de más de mil millones de personas. Las cosechas no han sido producidas para resistir variaciones climáticas. Los seres humanos ya no pueden efectuar grandes migraciones ante un cambio climático o, por lo menos, resulta muy difícil en un planeta controlado por naciones-estado. Empieza a resultar urgente comprender las causas de las variaciones climáticas y desarrollar la posibilidad de llevar a cabo una reconstrucción climática de la Tierra.

Sorprendentemente, algunos de los descubrimientos más interesantes sobre la naturaleza de esos cambios climáticos son el resultado de trabajos, no acerca de la Tierra, sino acerca de Marte. El Mariner 9 entró en órbita marciana el 14 de noviembre de 1971. Tuvo una vida científica útil de un año terrestre completo y proporcionó 7.200 fotografías de toda la superficie de polo a polo, así como decenas de miles de espectros y demás información científica. Como vimos anteriormente, cuando el Mariner 9 llegó a Marte, prácticamente no podía verse ningún detalle de la superficie del planeta, ya que éste estaba siendo azotado por una gran tormenta global de polvo. Enseguida se comprobó que las temperaturas atmosféricas aumentaban, si bien las temperaturas superficiales disminuían durante la tormenta de arena; esa sencilla constatación proporciona inmediatamente por lo menos un caso claro de enfriamiento de un planeta por la inyección masiva de polvo en su atmósfera. Se han realizado cálculos utilizando las mismas leyes físicas, tanto para la Tierra como para Marte, en los que ambos casos son considerados como ejemplos distintos del problema general de los efectos sobre el clima de una inyección masiva de polvo en una atmósfera planetaria.

El Mariner 9 hizo otro descubrimiento climatológico totalmente inesperado: un gran número de canales sinuosos repletos de afluentes, en la región ecuatorial y a latitudes medias de Marte. En todos los casos en los que existen datos al respecto, los canales van en la dirección adecuada, pendiente abajo. En algunos de ellos se observan figuras onduladas, bancos de arena, hundimientos de las orillas, «islas» interiores en forma de gota en el sentido de la corriente y otros signos morfológicos que caracterizan los valles fluviales terrestres.

Pero se presenta un gran problema, si se interpretan los canales marcianos como lechos de ríos secos: en apariencia, el agua líquida no existe actualmente en Marte. Simplemente las presiones son demasiado bajas. En la Tierra el dióxido de carbono existe en forma sólida y gaseosa, pero nunca en forma líquida (excepto en los tanques de almacenamiento a presión elevada). De la misma manera, en Marte el agua puede existir en forma sólida (hielo o nieve) o en forma de vapor, pero no como líquido. Por esa razón algunos geólogos se muestran reacios a aceptar la teoría de que los canales contuviesen antaño agua líquida. Y sin embargo tocan a muerto para los ríos terrestres; por lo menos muchos de ellos tienen



formas que no concuerdan con otras posibles estructuras como son los tubos de lava colapsados, que pueden ser los causantes de los valles sinuosos de la Luna.

Es más, existe una concentración aparente de canales hacia el ecuador marciano. El hecho sorprendente de las zonas ecuatoriales de Marte es que son los únicos lugares del planeta en los que la temperatura media durante el período de insolación supera el punto de congelación del agua. No existe ningún otro líquido que sea al mismo tiempo tan abundante en el cosmos, de baja viscosidad y con un punto de congelación por debajo de las temperaturas ecuatoriales de Marte.

Entonces, si por los canales marcianos ha fluido agua, ese agua debe haber existido en una época en la que el medio ambiente de Marte era sustancialmente distinto de lo que lo es en la actualidad. Marte posee hoy una atmósfera delgada, temperaturas bajas y no dispone de agua. En algún tiempo del pasado, puede haber tenido presiones más elevadas, posiblemente también temperaturas algo mayores y mucha agua corriente. Esas condiciones parecen más adecuadas para la existencia de formas de vida basadas en los principios bioquímicos que rigen en la Tierra que las condiciones del medio ambiente marciano actual.

Un estudio detallado de las posibles causas de ese tipo de grandes cambios climáticos en Marte ha hecho fijar la atención en un mecanismo de retroalimentación llamado inestabilidad advectiva. La atmósfera de Marte está compuesta fundamentalmente por dióxido de carbono. Parecen existir grandes almacenes de reposición del CO<sub>2</sub> helado, por lo menos en uno de los dos casquetes polares. La presión del CO<sub>2</sub> en la atmósfera marciana es muy parecida a la presión que debe tener el CO<sub>2</sub> en equilibrio con el dióxido de carbono helado, a la temperatura del polo marciano frío. Esa situación se parece mucho a la presión en un sistema de vacío en el laboratorio determinada por la temperatura de un «dedo helado» en el sistema. En la actualidad, la atmósfera marciana es tan delgada que el aire caliente que sube desde el ecuador y se estabiliza en los polos desempeña un papel casi despreciable en la tarea de calentar las latitudes altas. Pero imaginemos que la temperatura de las regiones polares aumentase ligeramente. La presión atmosférica total también aumenta, la eficacia del transporte de calor por advección desde el ecuador al polo aumenta a su vez, las temperaturas polares aumentan todavía más y se presenta la posibilidad de adentrarse en las altas temperaturas. De igual manera, una disminución de la temperatura, por la causa que sea, puede desencadenar una fuga hacia las bajas temperaturas. La física de esta situación marciana es más fácil de manejar que en el caso comparable de la Tierra, por la sencilla razón de que los componentes principales de la atmósfera, el oxígeno y el nitrógeno, no pueden condensarse en los polos.

Para que se produzca un incremento significativo de la presión en Marte, la cantidad de calor absorbido por las regiones polares del planeta debe aumentar de un 15 a un 20 por ciento durante un período de un siglo por lo menos. Se han identificado tres causas posibles de variación del calentamiento del casquete y resultan ser muy parecidas a los tres modelos de variación climática terrestre mencionados más arriba, lo cual no deja de ser muy interesante. La primera causa tiene que ver con la inclinación del eje de rotación de Marte con respecto al Sol. Estas variaciones son mucho más espectaculares que en el caso de la Tierra, ya que Marte se encuentra cerca de Júpiter, el planeta más masivo del sistema solar, y las perturbaciones gravitacionales provocadas por Júpiter son más pronunciadas. En este caso, las variaciones de la presión y la temperatura global se producirán a escalas de tiempo comprendidas entre cien mil años y un millón.

En segundo lugar, una variación del albedo de las regiones polares puede provocar también grandes cambios climáticos. Ya se pueden observar en Marte importantes tormentas de arena y polvo, debido a que los casquetes polares se abrillantan y se oscurecen con las estaciones. Se ha sugerido que el clima de Marte podría hacerse más hospitalario si pudiese desarrollarse una especie resistente de planta polar que hiciese disminuir el albedo de las regiones polares marcianas.

Por último, existe también la posibilidad de ciertas variaciones de la luminosidad del Sol. Algunos de los canales marcianos tienen en su interior cráteres de impacto ocasionales; la determinación de la edad de los canales a través de la frecuencia de impactos de materiales procedentes del espacio interplanetario demuestra que algunos de esos cráteres deben tener algo así como mil millones de años de edad. La situación recuerda la última época de temperaturas globales elevadas en el planeta Tierra y sugiere la cautivadora posibilidad de grandes variaciones climáticas simultáneas en la Tierra y en Marte.

Las misiones Viking han hecho mejorar nuestros conocimientos acerca de los canales marcianos en un sentido amplio, han proporcionado indicios bastante independientes acerca de una densa atmósfera primigenia y han puesto de manifiesto la existencia de un gran almacén de reposición de dióxido de carbono helado en el hielo polar. Cuando sean totalmente asimilados los resultados de los Viking, éstos ampliarán nuestro conocimiento del entorno actual, así como de la historia pretérita del planeta y de la comparación entre los climas de la Tierra y Marte.

Cuando los científicos se encuentran ante problemas teóricos de extraordinaria dificultad, siempre queda el recurso de la experimentación. Sin embargo, en lo relativo a estudios sobre el clima de todo un planeta, los experimentos resultan caros y difíciles de realizar y, además, tienen potenciales y delicadas repercusiones sociales. Por la mayor de las fortunas, la naturaleza ha venido a ayudarnos, proporcionándonos planetas cercanos con climas sustancialmente distintos y variables físicas sustancialmente distintas. Tal vez la prueba más difícil que deban superar las teorías de la climatología es la de ser capaces de explicar los climas de todos los planetas más próximos, la Tierra, Marte y Venus. Todo lo que aprendamos estudiando un planeta será inevitablemente de gran utilidad en el estudio de los demás. La climatología planetaria comparada está resultando ser una disciplina, todavía en período de gestación, que representa un enorme interés intelectual y permite grandes aplicaciones prácticas.

## 15. CALÍOPE Y LA CAABA

*Podemos imaginarles*  
                                  *unidas*  
                                  *cara a cara,*  
      *esas rocas flotantes*  
                                  *de ceniza cósmica,*  
*mil veces a flote*  
                                  *entre Júpiter y Marte.*  
*Frigga,*  
                                  *Fanny,*  
                                  *Adelaida*  
                                  *Lacrimosa,*  
*Nombres que evocar,*  
                                  *montes negros de Dakota,*  
                                  *una opereta*  
                                  *representada sobre un arrecife.*  
*Y podrán haber enjambrado,*  
                                  *desmenuzadas como el queso azul,*  
*ese momento final*  
                                  *en que el sistema solar*  
*ventoseó.*  
                                  *Pero ahora*  
*vagan pesadamente*  
                                  *separados*  
*de cada uno*  
                                  *de los vecinos*  
*agujeros de luz.*  
                                  *por millones*  
                                  *y millones de*  
                                  *herméticas millas.*  
                                  *Y sólo desde los más lejanos*  
*pastan*  
*como un rebaño*  
                                  *en una tundra muerta.*

DIANE ACKERMAN,

*The Planets* (Morrow, Nueva York, 1976)

Una de las siete maravillas del mundo antiguo era el Templo de Diana en Efeso (Asia Menor), un exquisito ejemplo de arquitectura monumental griega. El sancta sanctorum de ese templo era una gran roca negra, probablemente metálica, que había caído desde los cielos, un signo de los dioses, tal vez una punta de flecha disparada desde la luna creciente, el símbolo de Diana Cazadora.

Pocos siglos después —es posible que incluso en la misma época— vino del cielo, según las creencias de muchos, otra gran piedra negra y cayó en la Península de Arabia. En aquellos tiempos preislámicos, se colocó esa roca en un templo de la Meca, La Caaba, y se inició algo parecido a un culto. Más tarde, en los siglos VII y VIII, se produjo el sorprendente éxito del Islam, fundado por Mahoma, quien vivió la mayoría de sus días cerca de esa gran piedra oscura, la presencia de la cual podría haber influido en la elección de su carrera. El culto original de la piedra fue incorporado al Islam y, en la actualidad, uno de los centros principales de atracción en cada peregrinación a la Meca lo constituye la propia piedra, también llamada La Caaba, tomando el nombre del templo que la guarda como reliquia. (Todas las religiones han copiado sin reparos de sus predecesores; p. ej., en el festival cristiano de Pascua, los antiguos ritos de fertilidad del equinoccio de primavera han

quedado hábilmente disfrazados por los huevos y los animales recién nacidos. Incluso la propia palabra *Easter* —Pascua— procede, según ciertas etimologías, del nombre de la gran diosa madre de la tierra del Medio Oriente, Astarté. La Diana de Efeso es una versión helenizada posterior de Astarté y Cibele.)

En los tiempos más remotos, una gran piedra que atravesaba un cielo azul claro debía ser una experiencia imborrable para todos aquellos que pudiesen verla. Pero tenía una importancia mayor: en los inicios de la metalurgia, el hierro procedente de los cielos era, para muchos lugares del mundo, la forma más pura en que podía disponerse de ese metal. La trascendencia militar de las espadas de hierro y la importancia para la agricultura de los arados de hierro hicieron que los hombres prácticos se interesasen por el metal procedente del cielo.

Las rocas siguen cayendo de los cielos; algunos agricultores han visto cómo se rompían sus arados al chocar con alguna medio enterrada; los museos siguen pagando grandes cantidades por ellas; y, muy de vez en cuando, alguna se precipita sobre el tejado de una casa, esquivada por poco a una familia que se recrea en el ritual hipnótico vespertino ante el aparato de televisión. Esos objetos se llaman meteoritos. Pero con sólo decir el nombre no basta para comprenderlos. De hecho, ¿de dónde vienen los meteoritos?

Entre las órbitas de Marte y Júpiter existen miles de pequeños mundos en revoltijo, de formas irregulares, llamados asteroides o planetoides. «Asteroide» no es un nombre adecuado para esos mundos, pues no se parecen a las estrellas. «Planetoide», en cambio, se ajusta mucho más, pues *son* como planetas, sólo que menores; sin embargo, el término «asteroide» es, con mucho, el más utilizado. El primer asteroide encontrado fue descubierto (\*) con un telescopio el 1 de enero de 1801 —un hallazgo repleto de buenos augurios, el primer día del siglo XIX— por un monje italiano llamado G. Piazzi. Ceres tiene unos 1.000 kilómetros de diámetro y, es el mayor de todos los asteroides. (A modo de comparación, el diámetro de la Luna es de 3.464 kilómetros.) Desde entonces se han descubierto más de dos mil asteroides. A todos ellos se les asigna el número de orden de su descubrimiento. Pero, siguiendo el ejemplo de Piazzi, se ha hecho también el esfuerzo de asignarles un nombre —un nombre femenino, preferentemente sacado de la mitología griega. Sin embargo, dos mil nombres de asteroides son muchos y hacia el final de la lista los nombres empiezan a ser desiguales: 1 Ceres, 2 Palas, 3 Juno, 4 Vesta, 16 Psyché, 22 Calíope, 34 Circe, 55 Pandora, 80 Safo, 232 Rusia, 324 Bambergia, 433 Eros, 710 Gertrud, 739 Mandeville, 747 Winchester, 904 Rockefelleria, 916 América, 1121 Natasha, 1224 Fantasía, 1279 Uganda, 1556 Icaro, 1620 Geographos, 1685 Toro y 1694 Ekard (Drake —Universidad de—, escrito a la inversa). Desgraciadamente, 1984 Orsvell es una oportunidad perdida.

--

\* Los descubrimientos inesperados resultan muy útiles para valorar las ideas preexistentes. G. W. F. Hegel ejerció una enorme influencia en la filosofía profesional del siglo XIX y principios del XX y marcó no poco el futuro del mundo ya que Karl Marx le tomó muy en serio (aunque algunos críticos benévolos han afirmado que los argumentos de Marx hubiesen sido más precisos si no hubiese oído nunca a Hegel). En 1799 ó 1800, Hegel dijo en privado que no podían existir nuevos objetos celestes en el sistema solar, utilizando para ello todo el arsenal filosófico de que disponía. Un año más tarde, se descubría el asteroide Ceres. Parece ser que Hegel se dedicó entonces a empeños menos fácilmente refutables.

--

Muchos asteroides tienen órbitas muy elípticas o alargadas, en absoluto parecidas a las órbitas casi totalmente circulares de la Tierra o Venus. Algunos asteroides tienen sus respectivos afelios (punto de la órbita más alejado del Sol) más allá de la órbita de Saturno; algunos tienen sus respectivos perihelios (punto de la órbita más cercano al Sol) cerca de la órbita de Mercurio; algunos, como ocurre con 1685 Toro, circulan entre las órbitas de la Tierra y Venus. Dado que existen tantos asteroides en órbitas muy elípticas, las colisiones resultan inevitables en un período tan largo como la vida del sistema solar. La mayoría de

las colisiones se producirán cuando un asteroide alcance a otro, dándole un empujón y produciendo un choque suave con formación de fragmentos. Como los asteroides son tan pequeños, su gravedad es mínima y los fragmentos de la cohesión se desparramarán por el espacio en órbitas distintas a las de los asteroides de procedencia. Se ha calculado que en algunas ocasiones, esas colisiones generan fragmentos que por casualidad interceptan la Tierra, penetran en su atmósfera, resistiendo la ablación de la entrada, y aterrizan a los pies de algún terrestre justificadamente atónito.

Los pocos meteoritos cuya trayectoria ha podido seguirse una vez penetrados en la atmósfera terrestre se originaron en el cinturón principal de asteroides, entre Marte y Júpiter. Los estudios realizados en laboratorio sobre las propiedades físicas de algunos meteoritos demuestran que se han formado a temperaturas concordantes con las del cinturón principal de asteroides. El resultado es muy claro: los meteoritos que se exhiben en nuestros museos son fragmentos de asteroides. ¡En nuestras estanterías disponemos de trozos de objetos cósmicos!

Pero, ¿qué tipo de meteoritos procedentes de qué asteroides? Hasta hace pocos años, las respuestas a esa pregunta no estaban al alcance de los científicos planetarios. Sin embargo, recientemente, se ha conseguido realizar la espectrofotometría de algunos asteroides en radiación visible y cuasiinfrarroja; examinar la polarización de la luz reflejada por los asteroides a medida que varía la geometría de los asteroides, el Sol y la Tierra; y examinar la emisión infrarroja media de los asteroides. Las observaciones de éstos, así como los estudios comparativos de meteoritos y otros minerales en el laboratorio, han proporcionado las primeras indicaciones fascinantes sobre la correlación entre asteroides específicos y meteoritos específicos. Más del 90 por ciento de los asteroides estudiados se clasifican, en dos grupos según su composición: metálicos y carbonosos. De los meteoritos disponibles en la Tierra, sólo un porcentaje muy bajo son carbonosos, pero estos meteoritos son fácilmente desmenuzables, pulverizándose rápidamente en las condiciones terrestres normales. Posiblemente también se fragmenten más fácilmente en su entrada en la atmósfera terrestre. Como los meteoritos metálicos son mucho más duros, su representación en las colecciones de los museos es desproporcionadamente elevada. Los meteoritos carbonosos tienen muchos compuestos orgánicos, incluso aminoácidos (los componentes básicos de las proteínas), y pueden considerarse representativos de los materiales a partir de los cuales se formó el sistema solar hace unos 4.600 millones de años.

Entre los asteroides que resultan ser carbonosos destacan 1 Ceres, 2 Palas, 19 Fortuna, 324 Bambergia y 654 Zelinda. Si los asteroides que son carbonosos en su superficie, lo son también en su interior, entonces la mayoría de la materia asteroidal es carbonosa. En general, se trata de objetos oscuros, que reflejan una pequeñísima parte de la luz que reciben. Estudios recientes sugieren que Fobos y Deimos, las dos lunas de Marte, posiblemente sean también carbonosas y que se trate de asteroides carbonosos capturados por la gravedad marciana.

Entre los asteroides que presentan las propiedades de los meteoritos metálicos se encuentran 3 Juno, 8 Flora, 12 Victoria, 89 Julia y 433 Eros. Algunos asteroides conforman alguna otra categoría: 4 Vesta se parece a un meteorito llamado condrito basáltico, mientras que 16 Psyche y 22 Calíope parecen contener básicamente hierro.

Los asteroides de hierro son de gran interés, pues los geofísicos creen que el cuerpo madre de un objeto muy rico en hierro debe haberse derretido hasta poder diferenciar, separar el hierro de los silicatos en la caótica mezcla inicial de elementos en los tiempos primigenios. Por otro lado, para que las moléculas orgánicas de los meteoritos carbonosos hayan logrado sobrevivir, las temperaturas no deben haberse elevado nunca lo suficiente como para fundir la roca o el hierro. Así pues, los distintos asteroides tienen historias distintas.

Comparando las propiedades de los asteroides y los meteoritos, estudiando en el laboratorio los meteoritos y simulando en computadoras los movimientos de los asteroides en el pasado, podrá lograrse algún día reconstruir las historias de los asteroides. Hoy por

hoy, todavía no sabemos si representan un planeta que no pudo formarse a causa de las poderosas perturbaciones gravitatorias del cercano planeta Júpiter o si son los restos de un planeta totalmente formado que hubiese explotado por alguna razón. La mayoría de los estudiosos se inclinan por la primera hipótesis, básicamente porque nadie puede concebir cómo se hace explotar un planeta. Es posible que se consiga juntar todas las piezas de la historia.

También pueden existir meteoritos no procedentes de asteroides. Tal vez sean fragmentos de cometas jóvenes, o de las lunas de Marte, o de la superficie de Mercurio, o de los satélites de Júpiter, que hoy están repletos de polvo e ignorados en algún museo oscuro. Lo que sí queda claro es que está empezando a emerger la verdadera imagen del origen de los meteoritos.

El sancta sanctorum del Templo de Diana en Efeso fue destruido. Pero La Caaba fue cuidadosamente conservada, aunque no parece haberse realizado ningún examen verdaderamente científico de dicha piedra. Algunos creen que es un meteorito rocoso, oscuro y no metálico. Dos geólogos han sugerido recientemente, aun conscientes de disponer de pocas pruebas, que se trata de un pedazo de ágata. Algunos escritores musulmanes creen que, en un principio, el color de La Caaba era blanco, y no negro y que el color actual se debe al manoseo continuo. El punto de vista oficial del Guardián de la Piedra Negra es que fue colocada en su posición actual por el patriarca Abraham y que cayó de un cielo religioso y no astronómico —de forma que una posible prueba física del objeto no podría ser una prueba de la doctrina islámica. Ello no obsta para que fuese muy interesante poder examinar, con todo el arsenal de las modernas técnicas de laboratorio, un pequeño fragmento de La Caaba. Se podría determinar su composición con precisión. Si es un meteorito, se podría establecer su edad de exposición a los rayos cósmicos —el tiempo transcurrido entre la fragmentación y la llegada a la Tierra. También podrían comprobarse las hipótesis de su origen, como, por ejemplo, la idea de que hace unos 5 millones de años, en la época del origen de los homínidos, la Caaba se desprendió de un asteroide llamado 22 Calíope, giró en órbita alrededor del Sol durante los tiempos geológicos y chocó por accidente contra la Península Arábiga hace 2.500 años.

## 16. LA EDAD DE ORO DE LA EXPLORACIÓN PLANETARIA

*La inquieta república del laberinto*

*de los planetas, en lucha feroz hacia el desierto libre  
del cielo.*

PERCY B. SHELLEY, *Prometeo desencadenado* (1820)

Una gran parte de la historia de la humanidad puede describirse, en mi opinión, en términos de una liberación gradual, y a veces dolorosa, del localismo, la conciencia naciente de que en el mundo hay más de lo que creían por término medio nuestros antepasados. Haciendo gala de un tremendo etnocentrismo, las tribus de toda la Tierra se han autodenominado «la gente» o «todos los hombres», relegando a otros grupos de seres humanos de manifestaciones parecidas al status de sub-humanos. La floreciente civilización de la antigua Grecia dividía la comunidad humana en Helenos y Bárbaros, designando a éstos mediante una imitación poco caritativa de las formas de hablar de los no Griegos («Bar Bar...»). Esa misma civilización clásica, que en muchos aspectos es la precursora de la nuestra, daba a su pequeño mar interior el nombre de Mediterráneo, lo cual significa «en medio de la Tierra». Durante milenios China se autodenominó Reino Medio y el significado seguía siendo el mismo: China era el centro del universo y lo bárbaros vivían en la oscuridad exterior.

Estos puntos de vista, o sus equivalentes, están cambiando lentamente y es posible detectar algunas de las raíces del racismo y del nacionalismo en su penetrante aceptación inicial por prácticamente todas las comunidades humanas. Pero vivimos en una época extraordinaria en la que los avances culturales y el relativismo cultural han hecho que ese etnocentrismo sea mucho más difícil de defender. Está saliendo a flote la idea de que todos compartimos un mismo bote salvavidas en un océano cósmico, que la Tierra es en definitiva un lugar pequeño con recursos limitados, que nuestra tecnología ha alcanzado ya un potencial tal que somos capaces de modificar en profundidad el entorno de nuestro diminuto planeta. A esta progresiva superación del localismo de la mente ha contribuido poderosamente, en mi opinión, la exploración espacial —a través de fantásticas fotografías de la Tierra tomadas desde lejos en las que aparece una esfera azul en rotación, repleta de nubes, como un zafiro sobre el infinito terciopelo del espacio—; pero también ha contribuido la exploración de otros mundos, que ha mostrado tanto las diferencias como las semejanzas con este hogar de la humanidad.

Seguimos hablando «del» mundo, como si no hubiese más, de la misma manera que hablamos «del» Sol y de «la» Luna. Pero hay muchos otros. Cualquier estrella del cielo es un sol. Los anillos de Urano representan millones de satélites, nunca antes sospechados, en órbita alrededor de Urano, el séptimo planeta. Y, como han demostrado de forma tan patente en los últimos quince años los vehículos espaciales, hay otros mundos —cercaos, relativamente accesibles—, profundamente interesantes y no del todo parecidos al nuestro. A medida que esas diferencias, así como el punto de vista darwiniano de que la vida en cualquier otro lugar tendrá que diferir sustancialmente de la vida aquí, vayan siendo asimiladas, creo que proporcionarán una influencia cohesionante y unificadora sobre la gran familia humana que vive, por un tiempo, en este poco atractivo mundo dentro de una inmensidad de mundos.

La exploración planetaria posee muchas virtudes. Nos permite redefinir los conocimientos derivados de algunas ciencias de la tierra como la meteorología, la climatología, la geología y la biología, ampliar sus potencialidades y mejorar sus aplicaciones prácticas sobre la Tierra. También proporciona fábulas admonitorias sobre los destinos alternativos de los mundos. También constituye una puerta abierta a las futuras tecnologías de vanguardia,

importantes para la vida aquí, en la Tierra. Proporciona además una válvula de escape a la tradicional aspiración humana de exploración y descubrimiento, nuestra pasión por conocer, que ha sido en gran parte lo que ha permitido nuestro éxito como especie. Y nos permite, por primera vez en la historia, plantearnos con rigor, y con bastante probabilidad de encontrar las respuestas correctas, cuestiones relacionadas con los orígenes y los destinos de los mundos, los inicios y los finales de la vida, y la posibilidad de otros seres que vivan en el espacio —cuestiones tan básicas para la actividad humana como el propio pensamiento y tan naturales como la respiración.

Los vehículos interplanetarios no tripulados de la moderna generación amplían la presencia humana a territorios desconocidos y exóticos, más extraños que cualquier mito o leyenda. Se lanzan con energía suficiente para superar la velocidad de escape cerca de la Tierra y, luego, ajustan sus trayectorias con los motores de los pequeños cohetes, lanzando pequeñas cantidades de gas. Se alimentan de luz solar y de energía nuclear. Algunos sólo tardan unos días en cruzar el lago del espacio entre la Tierra y la Luna; otros pueden tardar un año hasta llegar a Marte, cuatro hasta Saturno o una década para atravesar el mar interior que nos separa del lejano Urano. Flotan tranquilamente en trayectorias precisas, determinadas por la gravitación newtoniana y la tecnología de los cohetes, con sus brillantes destellos metálicos a flor de agua sumergidos en la luz solar que llena los espacios entre los mundos. Cuando alcanzan sus destinos, algunos sobrevuelan el planeta desconocido, para tener una visión global de él y, en su caso, de su cortejo de lunas, antes de adentrarse en las profundidades del espacio. Otros entran en órbita alrededor de otro mundo, examinándolo con detalle, tal vez durante años, antes de que algún componente básico se agote o se estropee. Algunos vehículos se precipitarán sobre otro mundo, desacelerando gracias a la resistencia atmosférica o a un sistema de paracaídas o por un encendido preciso de retrocohetes antes de posarse suavemente en cualquier otro lugar. Algunos de los vehículos que se posan son estacionarios, es decir, están condenados a examinar un único punto de un mundo que espera ser explorado. Otros son autopropulsados y vagan lentamente hacia un horizonte lejano en el que nadie sabe lo que se encuentra. Otros, en fin, son capaces de arrancar rocas y suelo remoto —una muestra de otro mundo— y regresar a la Tierra.

Todos esos vehículos disponen de sensores que amplían considerablemente el campo de percepción humana. Son instrumentos capaces de determinar desde la órbita la distribución de la radiactividad sobre otro planeta; capaces de detectar desde la superficie el débil ruido de un alejado y profundo «terremoto en el planeta» (*planetquake*); capaces de obtener fotografías tridimensionales en color o en infrarrojos de un paisaje como el que nadie ha visto en la Tierra. Esas máquinas son inteligentes, por lo menos hasta cierto punto. Pueden seleccionar sus objetivos sobre la base de la misma información que reciben. Pueden recordar con gran precisión una serie detallada de instrucciones que, al ser escritas en cualquier idioma, ocupan un libro de considerable volumen. Son obedientes y aceptan cambios de instrucciones enviados desde la Tierra a través de mensajes de radio. Y nos han transmitido, básicamente por radio, una cantidad rica y diversificada de información acerca de la naturaleza del sistema solar en el que vivimos. En el caso de nuestro vecino celeste, la Luna, ha habido vuelos de acercamiento, alunizajes violentos, alunizajes suaves, vuelos orbitales, vehículos móviles automáticos y misiones no tripuladas para la recogida de muestras, así como, desde luego, seis heroicas expediciones tripuladas de la serie Apollo coronadas por el éxito. Ha habido un vuelo de acercamiento a Mercurio; vuelos orbitales, sondas de entrada y aterrizajes en Marte; y vuelos de acercamiento a Júpiter y Saturno. Fobos y Deimos, las dos pequeñas lunas de Marte, fueron examinadas de cerca y de algunas de las lunas de Júpiter se han obtenido fotografías asombrosas.

Hemos echado el primer vistazo a las nubes de amoníaco y a los grandes sistemas tormentosos de Júpiter; a la superficie fría y cubierta de sal de su luna Ió; al suelo desolado, repleto de cráteres, antiguo y tórrido de Mercurio; y al paisaje salvaje y espectral de nuestro vecino planetario más próximo, Venus, cuyas nubes están compuestas por una lluvia ácida que cae continuamente aunque nunca alcanza la superficie, ya que ese paisaje montañoso, iluminado por la luz solar que se difunde a través de la perpetua capa de nubes, se encuentra a unos 900° F. Y Marte: ¡qué rompecabezas, qué felicidad, qué enigma



y delicia es Marte! Con sus antiguos lechos de ríos, sus inmensos y elaborados bancales polares, su volcán de casi 80.000 pies de altura, sus furiosas tormentas, sus tardes reparadoras. Y una derrota inicial aparente infligida a nuestro primer esfuerzo por responder a la pregunta principal: si el planeta alberga, o ha albergado, alguna forma de vida desarrollada.

En la Tierra sólo existen dos naciones en la carrera del espacio, sólo dos potencias hasta ahora capaces de enviar vehículos más allá de la atmósfera terrestre: los Estados Unidos y la Unión Soviética. Los Estados Unidos han protagonizado las únicas misiones tripuladas a otro cuerpo celeste, los únicos aterrizajes con éxito sobre Marte y las únicas expediciones a Mercurio, Júpiter y Saturno. La Unión Soviética ha sido pionera en la exploración automatizada de la Luna, incluyendo los únicos vehículos móviles no tripulados y misiones de recogida de muestras en otros objetos celestes, y las primeras sondas de entrada y aterrizaje en Venus. Desde la finalización del programa Apollo, Venus y la Luna se han convertido, hasta cierto punto, en terreno ruso, mientras que el resto del sistema solar sólo es atravesado por vehículos espaciales norteamericanos. Si bien se da un cierto nivel de cooperación científica entre las dos naciones, esa territorialidad planetaria ha llegado a consolidarse más por defecto en base a acuerdos. En los últimos años ha habido una serie de misiones soviéticas a Marte, muy ambiciosas, pero sin éxito, mientras que los Estados Unidos lanzaban una serie modesta, aunque con éxito, de vehículos orbitales alrededor de Marte, así como sondas de entrada en 1978. El sistema solar es muy grande y hay mucho que explorar en él. Incluso el diminuto Marte posee una superficie comparable al área de suelo de la Tierra. Por razones prácticas, resulta mucho más sencillo organizar misiones por separado, aunque coordinadas, emprendidas por dos o más naciones, que aventuras de cooperación multinacional. En los siglos XVI y XVII, Inglaterra, Francia, España, Portugal y Holanda organizaron cada una por su lado misiones a gran escala de descubrimiento y exploración global, en fuerte competencia entre sí. Pero los motivos económicos y religiosos de esa competencia en el campo de la exploración no parecen tener sus contrapartidas en la actualidad. Hay motivos para pensar que la competencia nacional en la exploración de los planetas será pacífica, por lo menos en un futuro previsible.

Los tiempos necesarios para las misiones planetarias son muy largos. El diseño, la fabricación, la comprobación, la integración y el lanzamiento de una misión planetaria típica requieren muchos años. Un programa sistemático de exploración planetaria requiere un compromiso sostenido. Los logros más resonantes de los Estados Unidos en la Luna y los planetas —Apollo, Pioneer, Mariner y Viking— se iniciaron en los años 60. Por lo menos hasta hace poco, los Estados Unidos sólo han adquirido, en toda la década de los 70, un compromiso mayor en la exploración planetaria: las misiones Voyager, cuyos lanzamientos se llevaron a cabo en verano de 1977, destinadas al primer examen sistemático de aproximación a Júpiter, Saturno, sus algo así como veinticinco lunas y los espectaculares anillos de éste.

La ausencia de nuevas iniciativas ha provocado una verdadera crisis en la comunidad de científicos e ingenieros norteamericanos responsables del rosario de éxitos tecnológicos y descubrimientos científicos avanzados que dieron comienzo con el vuelo Mariner 2 de aproximación a Venus en 1962. Se ha producido una interrupción en el progreso de la exploración. Los trabajadores han tenido que dejar sus tareas y dedicarse a otros menesteres; existe un verdadero problema consistente en ofrecer continuidad a la próxima generación de la exploración planetaria. Por ejemplo, la posible respuesta a la histórica y conseguida exploración de Marte por el Viking la constituirá una misión que ni siquiera alcanzará el Planeta Rojo antes de 1985 —una laguna en la exploración marciana de casi una década. E incluso no hay la más mínima garantía de que por aquel entonces se lleve a cabo la misión. Esta tendencia —algo así como despedir a la mayoría de los constructores de buques, tejedores de velas y navegantes españoles a principios del siglo XVI— manifiesta signos incipientes de inversión. Recientemente fue aprobado el Proyecto Galileo, una misión para mediados de los años 80, consistente en llevar a cabo el primer reconocimiento orbital de Júpiter y dejar caer una primera sonda en su atmósfera, que puede contener moléculas orgánicas sintetizadas de manera análoga a los fenómenos químicos que indujeron el origen de la vida en la Tierra. Pero al año siguiente, el Congreso

redujo tanto el presupuesto del Proyecto Galileo que en la actualidad éste se encuentra en la cuerda floja.

En los últimos años, el presupuesto global de la NASA ha estado por debajo del uno por ciento del presupuesto federal. Las partidas correspondientes a la exploración planetaria han sido menores que el 15 por ciento de esa cantidad. Las peticiones de la comunidad de las ciencias planetarias en el sentido de solicitar nuevas misiones han sido desoídas repetidamente —como me decía un senador, a pesar de *Star Wars* y *Star Trek*, el público no ha escrito al Congreso dando su apoyo a las misiones planetarias, pero es que además, los científicos no constituyen un grupo de presión poderoso. Y, sin embargo, existe una serie de misiones en perspectiva que combinan una oportunidad científica extraordinaria con un atractivo popular considerable:

*Navegación solar y encuentro con un cometa.* En las misiones interplanetarias ordinarias, los vehículos espaciales se ven obligados a seguir trayectorias que supongan un gasto mínimo de energía. Los cohetes se accionan durante períodos cortos de tiempo en las proximidades de la Tierra y la nave permanece inerte durante el resto del viaje. Se ha hecho lo más que se ha podido, dado que no estamos en condiciones de desarrollar la enorme capacidad de elevación necesaria, pero sí disponemos de una gran maestría en el manejo de sistemas con gran número de coordenadas. En definitiva, tenemos que aceptar algunas servidumbres, como son los tiempos de vuelo largos y la poca elección en las fechas de partida y llegada. Pero, al igual que en la Tierra se está considerando pasar de los combustibles fósiles a la energía solar, lo mismo ocurre en el espacio. La luz solar ejerce una fuerza que, aunque pequeña, es patente y se llama presión de radiación. Una estructura del tipo vela, con una gran superficie y poca masa, puede ser propulsada mediante la presión de la radiación. Con una vela cuadrada de media milla de lado, pero extraordinariamente delgada, las misiones interplanetarias pueden resultar más eficaces que con la propulsión convencional mediante cohetes. La vela sería colocada en órbita terrestre utilizando un vehículo lanzadera tripulado, para poder desplegarla y tensarla. Constituiría una imagen preciosa, fácilmente visible a simple vista en forma de un punto brillante. Con unos prismáticos podrían apreciarse ciertos detalles, tal vez incluso lo que en los buques de vela del siglo XVII se llamaba la divisa: un símbolo gráfico adecuado, tal vez un dibujo del planeta Tierra. Junto a la vela estaría el vehículo científico diseñado para la aplicación concreta.

Una de las primeras aplicaciones, y también de las más estimulantes, sobre la que ya se está discutiendo, es una misión de encuentro con un cometa, tal vez un encuentro con el cometa Halley en 1986. Los cometas se encuentran vagando la mayoría del tiempo por el espacio interestelar; están llamados a proporcionar importantes indicios sobre la historia inicial del sistema solar y sobre la naturaleza de la materia entre las estrellas. La navegación solar hacia el cometa Halley no sólo ha de proporcionar fotografías de cerca del interior de un cometa —sobre el que no sabemos prácticamente nada— sino también, sorprendentemente, traer a la Tierra un fragmento de un cometa. Las ventajas prácticas, y la belleza, de la navegación solar resultan evidentes en este ejemplo; pero además, no sólo representa una nueva misión, sino toda una nueva tecnología interplanetaria. Dado que el desarrollo de la tecnología de la navegación solar está más atrasada que la de la propulsión química, es esta última la que se utilizará en las primeras misiones hacia los cometas. Ambos mecanismos de propulsión tendrán su lugar en los viajes interplanetarios del futuro. Pero, en mi opinión, la navegación solar tendrá un mayor impacto. Tal vez a principios del siglo XXI se hagan competiciones de regatas entre la Tierra y Marte.

*Vehículos móviles sobre Marte (Rovers).* Antes de la misión Viking, ningún vehículo espacial terrestre había llegado a posarse sobre Marte. Los soviéticos habían tenido algunos fracasos, incluyendo por lo menos uno que resultó bastante misterioso y previsiblemente atribuible a la peligrosa topografía de la superficie marciana. Posteriormente, tras penosos esfuerzos, tanto el Viking 1 como el Viking 2 consiguieron posarse en los lugares más oscuros que pudieron encontrar en la superficie del planeta. Las cámaras estéreo del vehículo espacial mostraron valles alejados y perspectivas inaccesibles. Las cámaras orbitales mostraron un paisaje extraordinariamente diversificado y geológicamente

exuberante, paisaje que no podíamos examinar de cerca con el vehículo Viking estacionario, una vez en el suelo. La exploración futura de Marte, tanto geológica como biológica, requerirá vehículos móviles capaces de posarse en los lugares oscuros y seguros, vehículos capaces de desplazarse centenares o miles de kilómetros hasta los lugares interesantes. Un vehículo de esas características tendría que poder desplazarse a su antojo produciendo un flujo continuo de fotografías de nuevos paisajes, nuevos fenómenos y, como es de esperar, grandes sorpresas en Marte. Su importancia podría mejorar todavía si actuase conjuntamente con un vehículo orbital polar que trazase el mapa geoquímico del planeta o con un avión marciano no tripulado que fotografiase la superficie a altitudes muy pequeñas.

*Aterrizaje en Titán.* Titán es la luna mayor de Saturno y el mayor satélite del sistema solar (ver capítulo 13). Es especialmente notable por poseer una atmósfera más densa que la de Marte y posiblemente se encuentra cubierto por una capa de nubes marrones compuestas por moléculas orgánicas. A diferencia de Júpiter y Saturno, posee una superficie sobre la que puede posarse un vehículo espacial, y su profunda atmósfera no es lo suficientemente caliente como para destruir las moléculas orgánicas. Una sonda de entrada y un aterrizaje sobre Titán posiblemente constituirían uno de los aspectos de una misión orbital de Saturno, que pudiese contar también con una sonda de entrada en ese planeta.

*Radar fotográfico en órbita alrededor de Venus.* Las misiones soviéticas Venera 9 y Venera 10 han traído a la Tierra las primeras fotografías de cerca de la superficie de Venus. Debido a la permanente capa de nubes, las características superficiales de Venus no pueden verse a través de los telescopios ópticos situados en la Tierra. Sin embargo, unas estaciones de radar terrestres y el sistema de radar llevado por el pequeño vehículo orbital Pioneer han empezado a levantar un mapa de los elementos superficiales de Venus y han puesto de manifiesto la presencia de enormes montañas y cráteres y volcanes, así como una accidentada topografía. El radar fotográfico en órbita alrededor de Venus que se propone podría suministrar fotografías-radar de polo a polo de la superficie venusiana con una precisión mayor que la que se alcanza desde la superficie

de la Tierra y permitiría llevar a cabo un reconocimiento previo de la superficie de Venus comparable al realizado en Marte por el Mariner 9 en 1971-1972.

*Sonda solar.* El Sol es la estrella más cercana, la única que posiblemente seamos capaces de examinar de cerca, por lo menos durante muchas décadas. Un vuelo de aproximación al Sol resultaría del máximo interés, contribuiría a comprender su influencia sobre la Tierra y proporcionaría, además, pruebas de gran trascendencia sobre la Teoría General de la Relatividad de Einstein. Una misión en la que intervenga una sonda solar plantea dos tipos de dificultades: la de la energía necesaria para liberarse del movimiento de la Tierra (y de la sonda) alrededor del Sol, de forma que ésta pudiese precipitarse hacia el Sol, y la del calor insoportable a medida que se fuese acercando al Sol. El primer problema puede resolverse lanzando el vehículo espacial hacia Júpiter y utilizando la gravedad de este planeta para dirigirlo hacia el Sol. Al existir muchos asteroides en el interior de la órbita de Júpiter, la misión podría ocuparse también de estudiar esos asteroides. Una manera de abordar el segundo problema, que a primera vista puede parecer enormemente ingenua, consiste en volar hacia el Sol *por la noche*. En la Tierra, la noche es el resultado de la interposición del cuerpo sólido de la Tierra entre el Sol y nosotros. Lo mismo ocurre con la sonda solar. Existen varios asteroides que se acercan bastante al Sol. La sonda solar podría dirigirse hacia el Sol al amparo de la sombra de algún asteroide (al mismo tiempo podría hacer observaciones del asteroide). Cerca del perihelio del planeta, la sonda saldría de la sombra del planeta y se sumergiría, con todo su interior repleto de fluido resistente al calor, lo más profundamente que pudiese en la atmósfera del Sol hasta fundirse y evaporarse —átomos de la Tierra añadidos a nuestra estrella más cercana.

*Misiones tripuladas.* Una misión tripulada viene a costar de cincuenta a cien veces más que una misión no tripulada de la misma índole. Por eso, para la exploración científica se prefieren las misiones no tripuladas y se utilizan sólo máquinas.

Sin embargo, pueden existir también otras razones distintas a la exploración espacial que sean de tipo social, económico, político, cultural o histórico. Las misiones tripuladas de las que se habla con mayor frecuencia son las que ponen en órbita alrededor de la Tierra estaciones espaciales (tal vez diseñadas para recoger luz solar y transmitirla en haces de microondas hacia una Tierra necesitada de energía) y la de una base lunar permanente. También están discutiéndose las grandes líneas de la construcción de ciudades espaciales permanentes en órbita terrestre, construidas con materiales procedentes de la Luna o los asteroides. El coste del transporte de esos materiales desde mundos de gravedad reducida, como la Luna o un asteroide, hasta la órbita de la Tierra es mucho menor que el correspondiente desde nuestro planeta de gravedad elevada. Estas ciudades espaciales podrían llegar a ser autorreproductoras —las nuevas serían construidas por las antiguas. Los costos de estas grandes estaciones tripuladas no han sido evaluados todavía con precisión, pero parece probable que el conjunto de ellas —así como una misión tripulada a Marte— alcance una cifra comprendida entre los 100.000 millones y los 200.000 millones de dólares. Tal vez algún día se lleven a la práctica estas ideas; en ellas hay muchos elementos de largo alcance e históricamente significativos. Pero todos los que hemos estado luchando durante años por organizar aventuras espaciales que costasen menos del uno por ciento de esas cantidades seremos perdonados por habernos planteado si los fondos necesarios serían efectivamente proporcionados y si esos gastos responden a un interés social.

Sin embargo, por mucho menos dinero podría ponerse en marcha una importante expedición preparatoria de esas misiones tripuladas: una expedición a un asteroide carbonoso próximo a la Tierra. Los asteroides se encuentran principalmente entre las órbitas de Marte y Júpiter. Una fracción muy pequeña de ellos posee trayectorias que alcanzan la órbita de la Tierra y, en ocasiones, se acercan hasta unos cuantos millones de kilómetros de nuestro planeta. Muchos asteroides son básicamente carbonosos —con gran cantidad de material orgánico y agua. Se cree que la materia orgánica se condensó en los primeros estadios de la formación del sistema solar, a partir de gas y polvo interestelares, hace unos 4.600 millones- de años; su estudio y comparación con las muestras de cometas presenta un interés científico de excepcional importancia. No creo que los materiales procedentes de un asteroide carbonoso puedan criticarse de la misma manera que lo fueron las muestras recogidas en la Luna por el Apollo por ser tan «sólo» rocas. Es más, un aterrizaje tripulado sobre un objeto tal constituiría una excelente preparación para una posible explotación de los recursos del espacio. Y, por último, el aterrizaje en un objeto de esas características resultaría divertido: el campo de gravedad es tan reducido que un astronauta no tendría dificultad en dar saltos de diez kilómetros. Los objetos que atraviesan las zonas de influencia de la Tierra van descubriéndose a gran ritmo y se llaman objetos Apolo, nombre que fue seleccionado mucho antes que el famoso vuelo tripulado. Podrán o no ser los restos muertos de cometas, pero independientemente de su origen, son objetos de enorme interés. Algunos de ellos son los objetos a los que más fácilmente podríamos acostumbrarnos los humanos, utilizando únicamente una tecnología «de lanzadera» de la que podremos disponer dentro de unos años.

Las misiones que se han descrito más arriba puede afrontarlas nuestra tecnología actual y requieren un presupuesto de la NASA no excesivamente superior al actual. En ellas se combina el interés científico con el interés público, que, en muchas ocasiones, comparten objetivos. Caso de realizarse ese programa, dispondríamos de un reconocimiento previo de todos los planetas y de la mayoría de las lunas desde Mercurio a Urano, de un muestreo representativo de asteroides y cometas y de un conocimiento de los límites y contenidos de nuestra piscina local en el espacio. Como nos recuerda el descubrimiento de anillos alrededor de Urano, hay muchos descubrimientos, importantes e insospechados, que están a la espera. Un programa de esas características sentaría las primeras bases para la utilización del sistema solar por nuestra especie, permitiría extraer los recursos de otros mundos, adecuar éstos como morada de seres humanos y reordenar los entornos de otros planetas para que en ellos pudiese vivir nuestra especie con un mínimo de inconvenientes. Los seres humanos pueden convertirse en una especie multiplanetaria.

Resulta evidente el carácter de transición de estas décadas. A menos de que nos autodestruyamos, la humanidad dejará de verse restringida a un mundo único. De hecho, la existencia de ciudades espaciales y la presencia de colonias humanas en otros mundos dificultará la autodestrucción de la especie humana. Es claro que hemos entrado, casi sin darnos cuenta, en una edad de oro de la exploración planetaria. Como ocurre en muchos casos de la historia humana, al ampliarse la perspectiva a través de la exploración, en este caso espacial, se amplían también las perspectivas artísticas y culturales. No creo que muchas personas del siglo XV se diesen nunca cuenta de estar viviendo en el Renacimiento italiano. Pero la buena predisposición, la alegría, la aparición de nuevas formas de pensamiento, los avances tecnológicos, los bienes de ultramar y la superación del localismo que se dieron en aquella época resultaban evidentes para los pensadores de entonces. Disponemos de la capacidad y de los medios, y —así lo espero ardientemente— del deseo de plantearnos hoy un esfuerzo parecido. Por primera vez en la historia de la humanidad, cae dentro de las posibilidades de esta generación el extender la presencia humana a otros mundos del sistema solar —con temor por sus maravillas y avidez por lo que tienen que enseñarnos.

## Cuarta Parte: EL FUTURO

### 17. «¿PUEDES ANDAR MAS DEPRISA? »

*—¿Puedes andar más deprisa? —le dijo una pescadilla a un caracol— Llevamos una marsopa detrás de nosotros, y me está mordiendo la cola-*

LEWIS CARROLL, *Alicia en el País de las Maravillas*

Durante la mayoría de la historia humana hemos podido desplazarnos a la velocidad que nos lo permitían nuestras piernas —en una jornada larga, tan sólo unas millas por hora. Se emprendieron grandes viajes, pero muy despacio. Por ejemplo, hace 20.000 ó 30.000 años, seres humanos cruzaron el Estrecho de Bering y penetraron por primera vez en las Américas, avanzando penosamente hacia el Sur, hasta Tierra de Fuego, donde les encontró Charles Darwin en su memorable viaje del *Beagle*. El esfuerzo concentrado y unilateral de unas gentes dedicadas a andar desde los estrechos entre Asia y Alaska hasta Tierra de Fuego puede haber durado años y años; de hecho, la difusión de la población humana tan hacia el Sur debe haber sido cuestión de miles de años.

La motivación original de un desplazamiento tan largo debe haber sido, como nos recuerda la queja de la pescadilla, la de escapar de enemigos y depredadores o la de buscar enemigos y depredar. Hace unos miles de años se hizo un descubrimiento importante: el caballo podía ser domesticado y montado. La idea es muy peculiar, pues el caballo no ha evolucionado para ser montado por los seres humanos. Mirándolo objetivamente, la idea resulta sólo un poco menos necia que la de un pulpo cabalgando un mero. Pero funcionó y —especialmente después del invento de la rueda y del carro— los vehículos a lomo del caballo o tirados por él fueron durante miles de años la tecnología de transporte más avanzada de que dispuso la especie humana. Se puede viajar a unas 10 o incluso 20 millas por hora con «tecnología caballar».

Sólo hace poco que hemos superado esa tecnología concreta como pone claramente de manifiesto, por ejemplo, la utilización del término «caballo de vapor» para medir la potencia de los motores. Un motor de 375 caballos de vapor posee aproximadamente la misma capacidad de empuje que 375 caballos. Un grupo de 375 caballos resultaría una imagen preciosa. Dispuestos en filas de a cinco, el grupo tendría una longitud de dos décimas de milla y sería tremendamente difícil de manejar. En muchas carreteras la primera fila quedaría fuera del alcance visual del conductor. Y, evidentemente, 375 caballos no van 375 veces más deprisa que un solo caballo. Incluso con equipos de muchos caballos la velocidad de transporte no pasaba de ser 10 ó 20 veces superior de la que se alcanzaba sólo utilizando las piernas.

Pero los cambios experimentados a lo largo del último siglo, en materia de tecnología del transporte, son sorprendentes. Hemos dependido de las piernas durante millones de años; de los caballos por miles de años; del motor de combustión interna durante menos de cien; y de los cohetes algunas décadas. Pero esos productos del genio inventor del hombre nos han permitido desplazarnos sobre la tierra y sobre la superficie de las aguas varios centenares de veces más deprisa de lo que podíamos conseguir andando, en el aire unas mil veces más deprisa y en el espacio más de diez mil veces más deprisa.

Sucedía antaño que la velocidad de comunicación era la misma que la velocidad de transporte. En la primera época de nuestra historia se dieron algunos métodos de comunicación rápida —por ejemplo, mediante señales con banderas o señales de humo e incluso uno o dos intentos de utilizar torres de señalización con espejos que reflejan luz solar o lunar. Las noticias documentadas de que disponemos sobre el asalto efectuado por los soldados húngaros a la Fortaleza de Győr en poder de los turcos parece que fue dirigido por el Emperador Rodolfo II de Habsburgo, a través de un mecanismo, el «telégrafo de luz lunar», inventado por el astrólogo inglés John Dee; el invento parecía consistir en diez

estaciones de repetición separadas entre sí cuarenta kilómetros entre Győr y Praga. Pero, con algunas excepciones, estos métodos demostraron ser inviables y las comunicaciones no alcanzaron velocidades superiores a las del hombre o el caballo. Ya no es cierto eso. La comunicación por teléfono y radio se realiza a la velocidad de la luz —300.000 kilómetros por segundo, más de mil millones de kilómetros por hora. Y no se trata tampoco del último adelanto. Por lo que sabemos, a partir de la Teoría Especial de la Relatividad de Einstein, el universo está construido de tal forma (por lo menos en nuestros alrededores) que ningún objeto ni ninguna información pueden desplazarse a mayor velocidad que la de la luz. No se trata de una barrera de la ingeniería, como la llamada barrera del sonido, sino de un límite cósmico de velocidades, consustancial con la propia naturaleza. De todas formas, mil millones de kilómetros por hora bastan en la mayoría de los casos.

Lo que resulta sorprendente es que en el dominio de la tecnología de la comunicación, ya hemos alcanzado ese límite y nos hemos adaptado muy bien a él. Hay muy poca gente que tras una llamada telefónica de larga distancia se quede boquiabierto y sorprendido por la velocidad de la transmisión. Ya hemos asimilado esos medios de comunicación casi instantáneos. Sin embargo, en la tecnología del transporte, aun no habiendo alcanzado velocidades en absoluto cercanas a la de la luz, topamos con otros límites, de tipo fisiológico y tecnológico.

Nuestro planeta gira. Cuando es mediodía en un punto determinado de la Tierra, es plena noche en el punto diametralmente opuesto. Así pues, la Tierra ha sido dividida en veinticuatro husos convenientemente distribuidos, de amplitud prácticamente igual y dando lugar a regiones de igual longitud. Si volamos muy deprisa, creamos situaciones a las que pueden acomodarse nuestras mentes, pero que nuestros cuerpos pueden soportar muy difícilmente. Ya son frecuentes los desplazamientos relativamente cortos hacia el oeste en los que se llega antes de partir —por ejemplo, cuando se invierte menos de una hora entre dos puntos separados por un huso horario. Cuando tomo un avión hacia Londres a las 9 de la noche, ya es mañana en mi punto de destino. Cuando llego, tras un vuelo de cinco o seis horas, ya es muy entrada la noche para mí, pero en mi destino empiezan a trabajar. Mi cuerpo se siente incómodo, mis ciclos vitales se desajustan y tardo unos días en adecuarme al horario inglés. En ese aspecto, un vuelo desde Nueva York a Nueva Delhi resulta mucho más incómodo.

Me parece muy interesante que dos de los más dotados e ingeniosos escritores de ciencia ficción del siglo xx —Isaac Asimov y Ray Bradbury— hayan renunciado a volar. Sus mentes sintonizan perfectamente con los vuelos interplanetarios e interestelares, pero sus cuerpos se resisten a un DC 3. Y es que el ritmo de cambio en la tecnología del transporte ha sido demasiado grande para que muchos de nosotros nos acomodásemos adecuadamente.

En la actualidad, pueden realizarse muchas posibilidades raras. La Tierra gira sobre su eje cada veinticuatro horas. La circunferencia de la Tierra es de 25.000 millas. Así, si fuésemos capaces de desplazarnos a  $25.000/24 = 1.040$  millas por hora, compensaríamos la rotación de la Tierra y, si viajásemos hacia el oeste a la puesta del Sol, nos mantendríamos ante una puesta de Sol durante todo el viaje, aunque diésemos toda la vuelta al planeta. (De hecho, en un viaje de esas características nos mantendríamos en el mismo tiempo *local* a medida que avanzásemos hacia el oeste, atravesando los diversos husos horarios, hasta cruzar la línea horaria internacional, precipitándonos en el mañana.) Pero 1.040 millas por hora es menos de dos veces la velocidad del sonido y en la actualidad existen en todo el mundo docenas de aparatos, fundamentalmente militares, que son capaces de alcanzar esas velocidades.(\*)

--

(\*) En los vuelos tripulados en órbita terrestre se plantean también otros problemas. Consideremos, por ejemplo, un musulmán o un judío religioso dando una vuelta a la Tierra cada noventa minutos. ¿Está obligado a guardar el día de descanso cada siete órbitas? Los vuelos espaciales nos sitúan ante situaciones muy distintas de aquellas en las que hemos crecido nosotros y nuestras costumbres.

--

Algunos aviones comerciales, como el anglofrancés Concorde, tienen potencias parecidas. En mi opinión, la pregunta no es: «¿Podemos ir más deprisa?», sino «¿tenemos que hacerlo?». Se han planteado inquietudes, desde mi punto de vista acertadamente, acerca de si las ventajas que proporciona el transporte supersónico compensa su coste global y su impacto ecológico.

La mayor parte de la demanda de viajes a larga distancia y a gran velocidad viene formulada por hombres de negocios y funcionarios gubernamentales que necesitan mantener reuniones con otras personas en otros estados o países. Pero de lo que se trata en realidad no es tanto del transporte de material sino del transporte de información. Considero que una gran parte de la demanda de transporte a gran velocidad podría evitarse si se utilizase mejor la tecnología de comunicaciones existente. En muchas ocasiones he participado en reuniones privadas u oficiales en las que había, por ejemplo, veinte personas, cada una de las cuales había pagado 500 dólares en concepto de transporte y gastos de estancia, por el sólo hecho de participar, lo cual suma en total 10.000 dólares. Pero lo que intercambian los participantes siempre es información. Los teléfonos con pantalla, las líneas telefónicas arrendadas y los aparatos reproductores de facsímiles capaces de transmitir escritos o diagramas deberían prestar el mismo servicio o incluso mejor. No existe ninguna función específica en esas reuniones —que incluyen discusiones privadas «en los pasillos» entre los participantes— que no pueda realizarse a menor precio y, por lo menos, con la misma eficacia utilizando las comunicaciones, en lugar de la tecnología del transporte.

Ciertamente existen avances en el campo de los transportes que parecen prometedores y deseables: el avión de despegue y aterrizaje vertical (VTOL) es un verdadero regalo para los lugares habitados aislados y remotos en caso de emergencias médicas o de otro tipo. Pero los últimos avances en el campo de la tecnología del transporte que me parecen más atractivos son las aletas de caucho para la inmersión submarina y los planeadores de suspensión. Se trata de avances tecnológicos muy en la línea de los buscados por Leonardo da Vinci en el primer esfuerzo tecnológico serio de la humanidad por conseguir volar en el siglo xv; esos aparatos le permiten a cualquier ser humano penetrar, con sólo algo más que sus propias fuerzas, y a una velocidad estimulante, en un medio totalmente distinto.

Creo que con el agotamiento de los combustibles fósiles es muy probable que los automóviles propulsados por motores de combustión interna nos duren como mucho unas décadas. El transporte del futuro tendrá forzosamente que ser distinto. Podemos pensar en vehículos confortables e igualmente rápidos a base de vapor, energía solar, células de combustible o electricidad, que produzcan poca polución y que utilicen una tecnología fácilmente accesible para el usuario.

Muchos expertos en bienestar se muestran preocupados porque en el mundo occidental —y de forma creciente en los países desarrollados— nos estamos volviendo demasiado sedentarios. Al conducir un automóvil se utilizan muy pocos músculos. La agonía del automóvil conlleva seguramente aspectos muy positivos, vistos con perspectiva, uno de los cuales es la recuperación del sistema de transporte más antiguo, el andar, y el ciclismo, que en muchos aspectos es el más sobresaliente.

Fácilmente se puede imaginar una sociedad futura sana y estable en la que andar e ir en bicicleta constituyan los medios de transporte principales; con automóviles de velocidad reducida y no generadores de polución y sistemas de transporte público por raíles a disposición de todo el mundo y los aparatos de transporte más sofisticados relativamente poco utilizados por la persona media. La aplicación de la tecnología del transporte que requiere una mayor dosis de sofisticación es la de los vuelos espaciales. Los beneficios prácticos inmediatos, el conocimiento científico y la atractiva exploración que han proporcionado los vuelos espaciales no tripulados alcanzan cotas impresionantes y es de esperar todavía, en las próximas décadas, un ritmo creciente de lanzamientos de vehículos espaciales efectuados por muchos otros países, utilizando formas más sutiles de transporte,



como las descritas en el capítulo anterior. Se han propuesto sistemas con energía nuclear, sistemas de navegación solar y de propulsión química, pero todos ellos, hasta cierto punto, se encuentran en vías de desarrollo. A medida que las centrales nucleares de fusión se consoliden, proporcionando aplicaciones terrestres, en las próximas décadas asistiremos también al desarrollo de máquinas espaciales de fusión.

Ya se están utilizando las fuerzas gravitatorias de los planetas para alcanzar velocidades inalcanzables de otra forma. El Mariner 10 sólo pudo llegar a Mercurio porque pasó cerca de Venus y la gravedad de este planeta le proporcionó un empuje considerable. Y el Pioneer 10 fue llevado a una órbita que le permitiría escapar del sistema solar sólo porque paso cerca del planeta gigante Júpiter. En cierto sentido, el Pioneer 10 y los Voyager 1 y 2 son nuestros sistemas de transporte más avanzados. Están abandonando el sistema solar a una velocidad de unas 43.000 millas por hora, llevando mensajes para todos aquellos que puedan interceptarlos desde la oscuridad del cielo nocturno, mensajes de los habitantes de la Tierra —esos mismos que hacen tan sólo un tiempo no podían desplazarse sino a unas pocas millas por hora.

## 18. A MARTE, A TRAVÉS DEL CEREZO

*¡Ay! ¡Quién tuviera una musa de fuego para escalar el cielo más resplandeciente de la invención!*

WILLIAM SHAKESPEARE. Enrique V, acto I, prólogo

Estamos en una perezosa tarde del exquisito otoño de Nueva Inglaterra. Dentro de unas diez semanas será el 1 de enero de 1900; en tu diario, que contiene los acontecimientos y las ideas de tu vida previa, nunca podrás ya escribir una fecha de los años 1800. Acabas de cumplir diecisiete años. En la escuela pública asistes a las clases de segundo curso de enseñanza media, pero actualmente estás en casa, en parte porque tu madre está muy enferma de tuberculosis y en parte por tus propios dolores crónicos de estómago. Eres brillante, no sin talento para las ciencias, pero nadie ha insinuado todavía que puedas tener una capacidad extraordinaria. Estás disfrutando de la contemplación del paisaje de Nueva Inglaterra desde lo alto de un viejo cerezo al que te has subido, cuando, de repente, te asalta una idea, una visión irresistible y apremiante de que puede conseguirse, más de hecho que con la fantasía, viajar hasta el planeta Marte.

Cuando bajas del cerezo sabes que eres un chico muy distinto del que subió a él. El trabajo de toda tu vida queda claramente definido y durante los siguientes cuarenta y cinco años tu dedicación nunca se tambaleará. Has quedado prendado de la visión de un vuelo a los planetas. Estás profundamente conmovido y atemorizado en silencio por la visión experimentada en el cerezo. Al año siguiente, el día del aniversario de esa visión, vuelves a subir al árbol para saborear la alegría y el significado de esa experiencia; y para siempre más pones un punto en tu diario llamando «Día del Aniversario» a la conmemoración de esa experiencia —cada 19 de octubre hasta tu fallecimiento, a mediados de los años 40, época en la que tus apreciaciones teóricas y tus innovaciones prácticas han resuelto básicamente todas las trabas tecnológicas para un vuelo interplanetario.

Cuatro años después de tu muerte se ajustó un WAC Corporal al morro de una V-2 y su lanzamiento fue un éxito, alcanzando una altitud de 250 millas, el umbral del espacio a todos los efectos. Todos los elementos esenciales del diseño del WAC Corporal y de la V-2 y el propio concepto de cohetes en sucesión habían sido elaborados por ti. Un cuarto de siglo más tarde, se lanzarán vehículos espaciales no tripulados a todos los planetas conocidos por el hombre antiguo; una docena de hombres pisarán la Luna; y dos vehículos increíblemente miniaturizados llamados Viking estarán marchando hacia Marte, en un primer intento de buscar vida en ese planeta.

Robert H. Goddard no se equivocó y nunca puso en duda la determinación que adoptó en el cerezo de la granja de su tía abuela Czarina en Worcester, Massachusetts. Así como otros habían tenido visiones parecidas —especialmente Konstantin Eduardovich Tsiolkovsky en Rusia—, Goddard conjugó de manera única una dedicación visionaria con una gran brillantez técnica. Estudió física porque necesitaba la física para llegar a Marte. Durante muchos años fue profesor de física y jefe del departamento de física de la Universidad Clark en su ciudad natal, Worcester.

Mientras leía los cuadernos de Robert Goddard, quedé sorprendido de lo poderosas que fueron sus motivaciones científicas y exploratorias y también de lo influyentes que fueron sus ideas especulativas —incluidas las erróneas— en la configuración del futuro. En los años del cambio de siglo, los intereses de Goddard estaban profundamente influenciados por la idea de la existencia de vida en otros mundos. Se sentía atraído por las tesis de W. H. Pickering, del Harvard College Observatory, según las cuales la Luna poseía una atmósfera perceptible, un vulcanismo activo, zonas variables heladas e incluso marcas oscuras móviles, lo cual Pickering interpretaba de forma diversa como el crecimiento de vegetación o también como la migración de enormes insectos por la superficie del cráter Eratóstenes. Goddard quedó prendado por la ciencia ficción de H. G. Wells y Garrett P. Servís, especialmente por la *Edison's Conquest Of Mars* de éste, sobre la cual Goddard dijo que

«había sacudido tremendamente mi imaginación». Leía con deleite las obras de Percival Lowell, un elocuente abogado de la tesis de que el planeta Marte estaba habitado por seres inteligentes. Y aun con todo eso que estimulaba poderosamente su imaginación, Goddard consiguió mantener un cierto sentido del escepticismo, que resulta muy poco frecuente en la gente joven propensa a las epifanías interplanetarias en lo alto de los cerezos: «Las condiciones reales pueden ser totalmente distintas... de las que sugiere el Profesor Pickering... El único antídoto para las falacias es —en pocas palabras— no dar por supuesto nada».

El 2 de enero de 1902, como sabemos a través de los cuadernos de Goddard, éste escribió un artículo titulado «La Habitabilidad de Otros Mundos». Este artículo no había sido compilado entre las obras de Goddard, lo cual me pareció una verdadera lástima, pues nos hubiese hecho comprender mejor hasta qué punto la búsqueda de vida extraterrestre era un motivo principal en el trabajo de Goddard. (\*)

--

(\*) En un discurso de principio de curso en la Universidad Clark, el 18 de mayo de 1978, hice unas observaciones parecidas. Dorothy Mosakowski, del Aula de Libros Raros de la Biblioteca Goddard de la Universidad Clark buscó y encontró ese pequeño ensayo que se consideraba perdido. En él descubrimos que Goddard se sentía atraído, aunque mantenía una actitud cautelosa, por la posibilidad de vida en Marte, que estaba seguro de la existencia de sistemas planetarios extrasolares, de lo cual dedujo «que entre esos innumerables planetas se dan condiciones de calor y luz análogas a las que disponemos aquí; si así es efectivamente, y si el planeta tiene una edad y un tamaño parecidos a los nuestros, es muy posible que existan seres humanos muy parecidos a nosotros, posiblemente con costumbres extrañas y formas de hacer todavía más extrañas». Pero también añadía: «Le corresponde al futuro distante responder si hay algo de verdad en nuestras suposiciones.»

--

En los años siguientes a la presentación de su tesis doctoral, Goddard trabajó con éxito en una verificación experimental de sus ideas sobre vuelos de cohetes propulsados por sólidos y líquidos. En ese empeño recibió el apoyo de dos hombres: Charles Greeley Abbott y George Ellery Hale. Por aquel entonces Abbott era un joven científico en la Smithsonian Institution, de la que posteriormente fue secretario, puesto cuya designación resulta muy elaborada y por ello es bien conocida la organización. Hale era la fuerza motriz de la astronomía de observación en Norteamérica en aquella época; antes de morir había fundado los observatorios Yerkes, Mount Wilson y Mount Palomar, cada uno de ellos, y a su tiempo, con el mayor telescopio del mundo.

Tanto Abbott como Hale eran físicos solares y parece claro que quedaron cautivados por la visión de Goddard acerca de un cohete que navegase por encima de la manta oscurecedora de la atmósfera terrestre y capaz de observar sin obstáculos el Sol y las estrellas. Pero Goddard iba más allá de esta intrépida visión. Habló y escribió sobre experiencias acerca de la composición y la circulación en la alta atmósfera de la Tierra, sobre la posibilidad de llevar a cabo observaciones del Sol y las estrellas con rayos gamma y con ultravioleta, por encima de la atmósfera terrestre. Diseñó un vehículo espacial capaz de acercarse a unas 1.000 millas de la superficie de Marte —por una curiosa coincidencia histórica se trata de la distancia mínima de las órbitas del Mariner 9 y de los Viking. Goddard calculó que un telescopio de buen tamaño situado en ese punto privilegiado sería capaz de fotografiar decenas de metros de la superficie del Planeta Rojo, lo cual equivale a la resolución de las cámaras del vehículo orbital Viking. Imaginó un vuelo interestelar lento a velocidades y escalas de tiempo equivalentes a las de los vehículos Pioneer 10 y 11, nuestros primeros emisarios interestelares.

El genio de Goddard apuntaba más alto todavía. Concibió, y no en broma, sino bastante en serio, un vehículo propulsado por energía solar, en una época en la que cualquier aplicación práctica de la energía nuclear era desacreditada públicamente, sugiriendo la propulsión

nuclear para vehículos que debiesen recorrer distancias interestelares. Goddard imaginó una época en el futuro más lejano en la que el Sol se habría enfriado y el sistema solar resultaría inhabitable, en la que tendrían lugar vuelos interestelares tripulados por nuestros más remotos descendientes, camino de las estrellas —no sólo las estrellas cercanas, sino también los remotos cúmulos estelares de la Vía Láctea. No pudo imaginar vuelos relativistas y, por tanto, hizo la hipótesis de un determinado método de suspender la animación de la tripulación humana o —con mayor dosis de imaginación todavía— un medio de enviar material genético de seres humanos a alguna época determinada muy lejana en el futuro, material que tendría la capacidad de recombinarse y producir una nueva generación de personas.

«En cada expedición», escribió, «debería llevarse todo el conocimiento, la literatura, el arte (en forma condensada) y una descripción de las herramientas, aplicaciones y procesos de la forma más condensada, ligera e indestructible posible, de manera que la nueva civilización pudiese empezar allí donde finalizó la vieja». Esta última especulación, titulada *La última migración*, estaba contenida en un sobre lacrado con instrucciones de que sólo podía abrirlo «un optimista». Y en verdad fue, no una Pollyanna (\*) que prefiera ignorar los problemas y los demonios de nuestro tiempo, sino un hombre comprometido con el progreso de la condición humana y la creación de amplias perspectivas para el futuro de nuestra especie.

--

\* Así se llama la heroína de la novela *Pollyanna* (1913), de Eleanor Porter, caracterizada por un optimismo irrefrenable y la tendencia a encontrarlo todo bien (*N. del T.*)

--

Nunca le faltó dedicación para Marte. A raíz de uno de sus primeros éxitos experimentales, tuvo que escribir un artículo para la prensa en el que se explicasen los detalles del lanzamiento y su significado más profundo. A punto estuvo de hablar de vuelos a Marte, pero se le disuadió de hacerlo, porque hubiesen parecido demasiado fantásticos. Habló en cambio de la posibilidad de mandar una buena cantidad de magnesio que, como en el instante de hacer una fotografía, produciría un gran destello al estrellarse contra la Luna. La idea causó sensación. Durante muchos años, a Goddard se le llamó desdeñosamente «el Hombre de la Luna» y sus relaciones con la prensa a partir de entonces fueron de lo más deplorable. (Un editorial del *New York Times* que criticó a Goddard por haber «olvidado» que un cohete no podría recorrer el vacío del espacio al no tener nada contra lo que avanzar, debió contribuir considerablemente a ese malestar. El *Times* sólo descubrió la tercera ley de Newton y se retractó de su error en la época del Apollo.) Goddard proponía la siguiente reflexión: «Desde aquel día, en la mente del público todo estaba concentrado en las palabras "cohete lunar", y ocurrió que, al intentar minimizar la parte fantástica, hice levantar una mayor polvareda que si hubiese escrito sobre el transporte a Marte, que la prensa representativa hubiese considerado tan ridículo que sin duda no lo hubiese mencionado nunca.»

Los cuadernos de Goddard no contienen observaciones psicológicas. No era, por lo menos no lo era mucho, el espíritu de la época en que vivió. (\*) Sin embargo, en uno de sus cuadernos puede encontrarse una observación que constituye un destello de penetrante autovaloración: «Dios tenga piedad de aquel que tenga un único sueño». Ése era precisamente el caso de Goddard. Sentía una gran satisfacción al constatar los avances de la tecnología de cohetes, pero para él se producían con una lentitud desesperante. Se conocen muchas cartas, que le fueron enviadas por Abbott, en las que se le urgía a progresar más rápidamente y también muchas respuestas de Goddard haciendo un listado de los impedimentos prácticos. Goddard no pudo asistir a los inicios de la astronomía por cohetes y de la meteorología de gran altitud, y mucho menos pudo asistir a los vuelos a Marte y a otros planetas.

--

(\*) Ello no obstante, se da la notoria circunstancia de que se encontraba en Worcester en 1909 cuando Sigmund Freud y Carl Gustav Jung dieron la primera conferencia en inglés sobre esos elementos ya institucionalizados que constituyen el psicoanálisis. Muchos psiquiatras norteamericanos oyeron por primera vez algo del tema a raíz de la presencia de Freud en la Universidad Clark. Uno se pregunta si el ya maduro y barbudo médico vienés y el joven y bigotudo físico norteamericano recién graduado se saludaron al cruzarse en el campus de la Universidad Clark, cada uno de ellos por la senda de su propio destino.

--

Pero todas esas cosas se están produciendo ahora a causa de lo que claramente son los resultados tecnológicos del genio de Goddard. El 19 de octubre de 1976 se conmemoró el 77.º aniversario de la visión marciana de Robert H. Goddard. Ese día había en órbita alrededor de Marte dos vehículos espaciales y otros dos se habían posado sobre la superficie marciana, los vehículos Viking, cuyos orígenes pueden hacerse remontar, con plena seguridad, a aquel chico subido en un cerezo en el otoño de 1899 de Nueva Inglaterra. Entre sus muchos objetivos, los Viking tenían la misión de comprobar la posibilidad de existencia de vida en Marte, la idea que tan poderosamente había estado motivando a Goddard hacía ya unos cuantos años. Curiosamente, no estamos seguros todavía de lo que significan los resultados biológicos de los Viking. Algunos consideran que se ha descubierto vida microbiana; otros piensan que es muy improbable. Es evidente que se hace necesario un gran programa de exploración futura de Marte en orden a poder comprender en qué estadio de la evolución cósmica se encuentra ese mundo vecino y cuál es su conexión con el estadio evolutivo en nuestro propio planeta.

Desde sus primeros pasos, la tecnología de cohetes se ha ido desarrollando gracias al interés por la vida en otros mundos. Ahora hemos aterrizado en Marte, hemos obtenido resultados biológicos sorprendentes y enigmáticos; las próximas misiones —vehículos superficiales móviles y recogida de muestras— necesitan a su vez un mayor desarrollo de la tecnología de los vehículos espaciales, una causalidad mutua que creo que Goddard hubiese apreciado.

## 19. EXPERIENCIAS EN EL ESPACIO

*Siempre suspiramos por visiones de belleza, siempre soñamos mundos desconocidos.*

MÁXIMO GORKI

Hasta hace relativamente poco, la astronomía tenía un serio impedimento, a la vez que una notable particularidad: era la única ciencia completamente no experimental. Los materiales de estudio estaban allá arriba, mientras que nosotros y nuestras máquinas estábamos aquí abajo.

Ninguna otra ciencia se ha visto tan duramente limitada. Evidentemente, en física y química todo se forja en el crisol del experimento y todos aquellos que tienen dudas sobre alguna conclusión determinada son libres de realizar una amplia gama de manipulaciones alternativas de la materia y la energía, en un intento de poner de manifiesto contradicciones o explicaciones alternativas. Los biólogos de la evolución, incluso aquellos de temperamento reposado, no pueden permitirse el lujo de esperar unos cuantos millones de años para observar cómo una especie evoluciona hacia otra. Pero las experiencias con secuencias normales de aminoácidos, con la estructura enzimática, códigos de ácidos nucleicos, bandas de cromosomas, y la anatomía, la fisiología y el comportamiento abogan fuertemente por la evolución y muestran claramente qué grupos de plantas o animales (como, por ejemplo, los seres humanos) están relacionados con qué otros (como, por ejemplo, los grandes simios).

Es cierto que los geofísicos, preocupados por el interior profundo de la Tierra, no pueden desplazarse hasta la discontinuidad de Wiechert entre el núcleo y el manto o (siquiera) hasta la discontinuidad de Mohorovicic entre el manto y la corteza. Pero en algunos puntos de la superficie se pueden encontrar y examinar batolitos expelidos desde lo más profundo. Los geofísicos han tenido que basarse principalmente en datos sísmicos y, como los astrónomos, no han podido forzar los favores de la Naturaleza, sino que se han visto obligados a esperar sus regalos voluntarios —por ejemplo, en un fenómeno sísmico situado al otro lado de la Tierra de forma que uno de dos sismógrafos próximos entre sí esté en la sombra del núcleo terrestre y el otro no. Pero los sismólogos impacientes pueden llevar a cabo, y de hecho lo hacen, sus propias explosiones químicas y nucleares hasta conseguir que la Tierra suene como una campana. Algunos indicios intrigantes apuntan a la posibilidad de poner en marcha o parar los terremotos. Los geólogos intolerantes con el razonamiento inferencial siempre pueden salir al campo y observar los procesos de erosión contemporáneos. Pero no existe el equivalente astronómico exacto del geólogo buscador de rocas.

Nos hemos visto limitados a la radiación electromagnética reflejada y emitida por los objetos astronómicos. No hemos sido capaces de examinar fragmentos de estrellas o de planetas (\*) en nuestros laboratorios ni de acercarnos a dichos objetos para examinarlos *in situ*. Las observaciones pasivas con base en tierra nos han restringido a una pequeña fracción de los muchos datos que podrían proporcionar los objetos astronómicos. Nuestra posición ha sido mucho peor que la de los seis ciegos de la fábula que indagaban la naturaleza del elefante; se ha parecido más a la situación de un ciego en el zoológico. Hemos estado durante siglos dándole golpes a una pata trasera. No es sorprendente que no hayamos advertido los colmillos o que la pata en cuestión no correspondiese a un elefante. Si, por casualidad, el plano orbital de una estrella doble se encontraba en nuestra línea de visión, podíamos ver eclipses; en caso contrario, no era posible. No podíamos desplazarnos hasta una posición en el espacio desde la que observar los eclipses. Si estábamos observando una galaxia cuando explotaba una supernova, podíamos observar el espectro de la supernova; en caso contrario, no era posible. No disponemos de la capacidad de realizar experiencias de explosiones de supernova —lo cual viene a ser lo mismo. No

podíamos estudiar en el laboratorio las propiedades eléctricas, térmicas, mineralógicas y químicas de la superficie lunar. Estábamos restringidos por las interferencias de la luz visible reflejada y las ondas de radio e infrarrojas emitidas por la Luna, tarea facilitada por experiencias naturales ocasionales como los eclipses y las lunaciones.

--

(\*) Con la única excepción de los meteoritos (véase el capítulo 15).

--

Pero todo eso está cambiando gradualmente. Los astrónomos que realizan sus observaciones desde tierra disponen ahora, por lo menos para los objetos cercanos, de una herramienta experimental: la radioastronomía. A nuestra conveniencia, con la frecuencia, polarización, amplitud de banda y longitud del impulso que deseemos, podemos enviar microondas a una luna o a un planeta próximo y examinar la señal reflejada. Podemos esperar a que el objeto vaya girando bajo el haz e ilumine algún otro lugar de su superficie. La radioastronomía ha proporcionado una multitud de nuevas conclusiones acerca de los períodos de rotación de Venus y Mercurio, de problemas relacionados con la evolución periódica del sistema solar, de los cráteres de Venus, de la fragmentada superficie de la Luna, de las elevaciones de Marte y del tamaño y la composición de las partículas de los anillos de Saturno. Y la radioastronomía no ha hecho sino empezar. Pero seguimos limitados a las latitudes bajas y, en lo que respecta al sistema solar exterior, a los hemisferios que miran hacia el Sol. Pero con la nueva superficie del telescopio de Arecibo del Centro Nacional Astronómico e Ionosférico de Puerto Rico, seremos capaces de levantar un mapa de la superficie de Venus con una resolución de un kilómetro —más precisa que la mejor resolución de las fotografías de la superficie lunar hechas desde tierra— y de obtener una multitud de nuevas informaciones sobre los asteroides, los satélites galileanos de Júpiter y los anillos de Saturno. Por primera vez estamos hurgando en el material cósmico y manoseando electromagnéticamente el sistema solar.

Una técnica mucho más potente de la astronomía experimental (en contraposición con la observacional) es la exploración mediante vehículos. Ahora podemos viajar a las magnetosferas y atmósferas de los planetas. Podemos posarnos y circular sobre sus superficies. Podemos recoger material directamente del medio interplanetario. Nuestros pasos preliminares en el espacio han puesto de manifiesto una amplia variedad de fenómenos cuya existencia nunca habíamos conocido: los cinturones terrestres Van Allen de partículas; las concentraciones de material bajo los mares circulares de la Luna; los canales sinuosos y los grandes volcanes de Marte; las superficies repletas de cráteres de Fobos y Deimos. Pero lo más chocante es que, antes del advenimiento de los vehículos espaciales, los astrónomos lo hicieron muy bien, por muy desjarretados que estuviesen. Las interpretaciones que hicieron de las observaciones de que disponían fueron notables. Los vehículos espaciales son formas de comprobar las conclusiones inferidas por los astrónomos, un método para determinar si deben creerse las deducciones astronómicas sobre objetos muy alejados, objetos tan alejados que son totalmente inaccesibles para los vehículos espaciales, por lo menos en un futuro próximo.

Uno de los primeros grandes debates astronómicos giró en torno a si era la Tierra o el Sol el astro que estaba en el centro del sistema solar. Los puntos de vista ptolemaico y copernicano explican el movimiento aparente de la Luna y los planetas con un grado de precisión comparable. En cuanto al problema práctico de predecir las posiciones de la Luna y los planetas tal como se ven desde la superficie de la Tierra, poco importaba la hipótesis que se adoptase. Pero las derivaciones filosóficas de las hipótesis geocéntrica y heliocéntrica resultaban muy distintas. Y existían formas de saber cuál era la correcta. En la hipótesis copernicana, Venus y Mercurio debían pasar por fases como las de la Luna. En la hipótesis ptolemaica, no debían hacerlo. Cuando Galileo utilizó uno de los primeros telescopios astronómicos y observó un planeta Venus creciente, sabía que estaba dando la razón a la hipótesis copernicana.

Pero los vehículos espaciales proporcionan una comprobación más inmediata. Según Ptolomeo, los planetas recorren esferas cristalinas inmensas. Pero cuando el Mariner 2 o el Pioneer 10 penetraron en el espacio de las supuestas esferas de cristal de Ptolomeo, no detectaron ningún impedimento a su movimiento; y, más directamente, los detectores acústicos y de meteoritos no detectaron el más mínimo ruido de tintineo y mucho menos el de un cristal roto. Este tipo de comprobación proporciona algo muy satisfactorio e inmediato. Posiblemente no haya ptolemaicos entre nosotros. Pero hay quienes tienen la duda persistente de si Venus podría no tener que pasar por fases en alguna hipótesis geocéntrica modificada. Esta gente puede sentirse tranquila.

Antes de los vehículos espaciales, el astrofísico alemán Ludwig Bierman se interesó por las observaciones de la aceleración aparente de nudos brillantes en las colas bien desarrolladas de los cometas que pasan por el interior del sistema solar. Biermann demostró que la presión de radiación de la luz solar no bastaba para explicar la aceleración observada y presentó la nueva sugerencia de que del Sol salía un flujo de partículas cargadas que, al interactuar con el cometa, producían la aceleración observada. Bien, es posible. Pero ¿no podría también deberse, por ejemplo, a explosiones químicas en el núcleo del cometa? O cualquier otra explicación. Pero el primer vehículo interplanetario con éxito, el Mariner 2, en vuelo de aproximación a Venus, determinó la existencia de un viento solar con las velocidades y densidades electrónicas del orden de las calculadas por Biermann para la aceleración de sus nudos.

Por aquella época se produjo un debate sobre la naturaleza del viento solar. De un lado, Eugene Parker, de la Universidad de Chicago, sostenía que se debía al flujo hidrodinámico que sale del Sol; de otro lado, a la evaporación en la parte superior de la atmósfera solar. En la explicación hidrodinámica debía producirse fraccionamiento por masa, es decir, la composición atómica del viento solar debía ser la misma que la del Sol. Pero con la explicación por evaporación, los átomos más ligeros escapan con mayor facilidad de la gravedad del Sol y los elementos pesados deberían agotarse preferentemente en el viento solar. Los vehículos interplanetarios han puesto de manifiesto que el cociente hidrógeno helio en el viento solar es precisamente el del Sol y, por tanto, han dado razón a la hipótesis hidrodinámica del origen del viento solar.

En estos ejemplos sacados de la física del viento solar vemos que las experiencias con vehículos espaciales proporcionan los medios para emitir juicios críticos sobre hipótesis antagónicas. Retrospectivamente, vemos que ha habido astrónomos, como Biermann y Parker, que han acertado dando las razones adecuadas. Pero ha habido otros, igualmente brillantes, que no han estado de acuerdo con ellos y así hubiesen seguido, de no haberse llevado a cabo esas contundentes experiencias con vehículos espaciales. Lo interesante no es que hubiera hipótesis alternativas que ahora consideramos incorrectas, sino que, sobre la base de los poquísimos datos disponibles, *cualquiera* era lo suficientemente «capaz» como para apuntar la respuesta correcta —por inferencia, utilizando la intuición, la física y el sentido común.

Antes de las misiones Apollo, la capa más elevada de la superficie lunar podía examinarse con luz visible, infrarroja y mediante observaciones de radio, durante las lunaciones y los eclipses; se midió la polarización de la luz solar reflejada por la superficie lunar. A partir de esas observaciones, Thomas Gold, de la Universidad de Cornell, preparó una pasta oscura que, en el laboratorio, reproducía muy bien las propiedades observadas de la superficie lunar. Este «polvo de Gold» puede incluso comprarse por poco dinero a la Edmund Scientific Company. A simple vista, la comparación del polvo lunar recogido por los astronautas del Apollo con el polvo de Gold indica que son prácticamente indistinguibles. En cuanto a la distribución de partículas por tamaños y a las propiedades eléctricas y térmicas, son muy parecidos. Sin embargo, sus composiciones químicas son muy distintas. El polvo de Gold está básicamente formado por cemento Portland, carbón de leña y laca para el pelo. La Luna tiene una composición menos exótica. Pero las propiedades lunares observadas de que disponía Gold antes del Apollo no dependían de forma importante de la composición química de la superficie lunar. Fue *capaz* de deducir con precisión la fracción de las propiedades de la superficie lunar que correspondía a las observaciones de la Luna anteriores a 1969.



Del estudio de los datos de radio y radar de que disponemos, fuimos capaces de deducir la elevada temperatura superficial y las altas presiones superficiales de Venus antes de que la primera nave soviética Venera observara *in situ* la atmósfera y las Venera posteriores la superficie. De igual forma, se calculó con acierto la existencia de unas diferencias de elevación en Marte de hasta 20 kilómetros, aunque nos equivocamos al pensar que las áreas oscuras correspondían sistemáticamente a las grandes elevaciones del planeta.(\*)

--

(\*) En los capítulos 12, 16 y 17 de *The Cosmic Connection* he abordado estas inferencias acertadas y sus confirmaciones gracias a los vehículos espaciales.

--

Tal vez una de las confrontaciones más interesantes entre la inferencia astronómica y las observaciones desde vehículos espaciales la constituya el caso de la magnetosfera de Júpiter. En 1955, Kenneth Franklin y Bernard Burke estaban comprobando un radiotelescopio cercano a Washington D. C., que debía utilizarse para trazar el mapa de la emisión de radio galáctica a una frecuencia de 22 Hertz. En sus registros observaron una interferencia periódicamente recurrente que, en un principio, atribuyeron a alguna fuente convencional de ruido de radio —como si fuese un sistema de ignición defectuoso de algún tractor de las proximidades. Pero pronto se dieron cuenta de que la recurrencia de la interferencia se correspondía perfectamente con los tránsitos por encima del planeta Júpiter. Habían descubierto que Júpiter era una poderosa fuente de emisión de radio decamétrica.

Como consecuencia, se demostró que Júpiter también era una fuente brillante de longitudes de onda decimétricas. Pero el espectro resultaba muy peculiar. A una longitud de onda de varios centímetros, se detectaron temperaturas muy bajas, de unos 140° K —temperaturas comparables a las que no cubre Júpiter en longitudes de onda infrarroja. Pero en longitudes de onda decimétrica —hasta el metro— la temperatura de brillo aumentaba muy rápidamente con la longitud de onda, acercándose a los 100.000° K. Se trataba de una temperatura demasiado elevada para la emisión térmica —la radiación que emiten todos los objetos, simplemente por encontrarse a una temperatura por encima del cero absoluto.

En 1959, Frank Drake, del National Radio Astronomy Observatory por aquel entonces, propuso que ese espectro requería que Júpiter fuese una fuente de emisión sincrotrón —la radiación que emiten las partículas cargadas en la dirección del movimiento cuando se desplazan a velocidades cercanas a la de la luz. En la Tierra, los sincrotrones son aparatos muy útiles en física nuclear, utilizados para acelerar electrones y protones hasta velocidades muy elevadas; fue en ellos donde

se estudió la emisión sincrotrón por primera vez. La emisión sincrotrón está polarizada y el hecho de que la radiación decimétrica procedente de Júpiter también lo esté era un punto adicional en favor de la hipótesis de Drake. Éste sugirió que Júpiter estaba rodeado por un amplio cinturón de partículas relativistas parecido al cinturón de radiación de Van Allen que rodea la Tierra, que acababa de ser descubierto por aquel entonces. Caso de ser así, la región de emisión decimétrica debería ser mucho mayor que el tamaño óptico de Júpiter. Pero los radiotelescopios convencionales disponen de resoluciones angulares inadecuadas para poner de manifiesto cualquier detalle de la amplitud de Júpiter. Sin embargo, un interferómetro de radio sí es capaz de alcanzar esa resolución. En la primavera de 1960, muy poco después de la sugerencia de Drake, V. Radhakrishnan y sus colegas del California Institute of Technology utilizaron un interferómetro compuesto por dos antenas de 90 pies de diámetro montadas sobre raíles y separables por una distancia máxima de un tercio de milla. Encontraron que la región de emisión decimétrica alrededor de Júpiter era considerablemente mayor que el disco óptico ordinario de Júpiter, confirmando así la propuesta de Frank Drake.

Posteriores observaciones por radiointerferometría de mayor resolución han puesto de manifiesto que Júpiter está flanqueado por dos «orejas» simétricas de emisión radio, presentando así la misma configuración general que los cinturones de radiación de Van Allen terrestres. Ha ido conformándose la idea de que en ambos planetas los electrones y los protones procedentes del viento solar son atrapados y acelerados por el campo magnético dipolar del planeta y se ven obligados a recorrer, en espiral, las líneas de fuerza magnética del planeta, oscilando de un polo magnético a otro. La región de emisión de radio alrededor de Júpiter se identifica con su magnetosfera. Cuanto más intenso es el campo magnético, más lejos del planeta se encuentra el límite del campo magnético. Además, comparando el espectro de radio observado con la teoría de la emisión sincrotrón, se obtiene la intensidad del campo magnético. Esta intensidad no puede especificarse con gran precisión, pero la mayoría de las determinaciones a través de la radioastronomía a finales de los años 60 y principios de los 70 daban cifras entre los 5 y los 30 gauss, de unas diez a sesenta veces la intensidad magnética superficial de la Tierra en el Ecuador.

Radhakrishnan y sus colaboradores encontraron también que la polarización de las ondas decimétricas procedentes de Júpiter variaban con regularidad a medida que el planeta gira, como si los cinturones de radiación jovianos se balanceasen con respecto a la línea de visión. Propusieron que se debía a un desfase de 9 grados entre el eje de rotación y el eje magnético del planeta —no excesivamente distinto del desplazamiento entre el polo norte geográfico y el polo norte magnético terrestre. Estudios posteriores de las emisiones decimétrica y decamétrica, llevados a cabo por James Warwick, de la Universidad de Colorado, y otros, sugieren que el eje magnético de Júpiter está desplazado una pequeña fracción de radio joviano respecto al eje de rotación, bastante distinta del caso de la Tierra, donde ambos ejes se cortan en el centro de la Tierra. También se sacó la conclusión de que el polo sur magnético de Júpiter se encontraba en el hemisferio norte; es decir, una brújula apuntaría en Júpiter hacia el sur. Esta sugerencia no tiene nada de raro. El campo magnético de la Tierra ha invertido su dirección varias veces a lo largo de su historia y sólo por definición el polo norte magnético se encuentra en el hemisferio norte terrestre en los momentos actuales. A partir de la intensidad de las emisiones decimétrica y decamétrica, los astrónomos también han calculado cuáles deben ser los valores de las energías y los flujos de electrones y protones en la magnetosfera de Júpiter.

Es una exposición muy rica en conclusiones. Pero todas ellas se obtienen por inferencia. Toda la elaborada superestructura fue sometida a una comprobación definitiva el 3 de diciembre de 1973, cuando la nave Pioneer 10 atravesó la magnetosfera joviana. A bordo de la nave había magnetómetros que midieron la intensidad y la dirección del campo magnético en distintas posiciones de la magnetosfera; también había una gran variedad de detectores de partículas cargadas, que midieron las energías y los flujos de los electrones y protones atrapados. Fue sorprendente que prácticamente todas las inferencias radioastronómicas fueran confirmadas por el Pioneer 10 y su vehículo sucesor, el Pioneer 11. El campo magnético superficial en el ecuador de Júpiter es de unos 6 gauss, y es mayor en los polos. La inclinación del eje magnético respecto al eje de rotación es de unos 10 grados. Puede decirse que el eje magnético está aparentemente desplazado un cuarto de radio joviano respecto al centro del planeta. Mas allá de tres radios jovianos, el campo magnético es aproximadamente el de un dipolo; a distancias menores, resulta mucho más complejo de lo que se había pensado.

El flujo de partículas cargadas detectadas por el Pioneer 10 a lo largo de su trayectoria a través de la magnetosfera era considerablemente mayor de lo que se había anticipado —pero no lo suficientemente grande como para desactivar el vehículo. La supervivencia del Pioneer 10 y del Pioneer 11 en la magnetosfera joviana se debió más a la buena suerte y a la buena ingeniería de que disponían los vehículos que a la precisión de las teorías magnetosféricas anteriores.

En términos generales, la teoría sincrotrón de la emisión decimétrica procedente de Júpiter se ha visto confirmada. Resulta que todos esos radioastrónomos debían saber lo que estaban haciendo. Ahora podemos creer, con una mayor confianza que hasta entonces, en los resultados teóricos de la física sincrotrón y en los aplicados a otros objetos cósmicos, más

distantes y menos accesibles, como son los pulsars, quasars o los restos de supernova. De hecho, ahora pueden revisarse las teorías y mejorar su precisión. La radioastronomía teórica ha debido afrontar por primera vez una experiencia definitiva —y ha logrado superarla satisfactoriamente. De entre los descubrimientos importantes realizados por los Pioneer 10 y 11, creo que ése es su mayor triunfo: ha confirmado nuestra comprensión de una rama importante de la física cósmica.

Existen muchas cosas de la magnetosfera y las emisiones de radio jovianas que todavía no entendemos. Los detalles de las emisiones decamétricas siguen siendo muy misteriosos. ¿Por qué se localizan en Júpiter fuentes de emisión decamétrica cuyo tamaño no supera probablemente los 100 kilómetros? ¿Qué son esas fuentes de emisión? ¿Por qué las regiones de emisión decamétrica giran alrededor del planeta con una precisión temporal sorprendente —superior a siete cifras significativas—, pero a la vez distinta de los períodos de rotación de los elementos visibles en las nubes jovianas? ¿Por qué las erupciones decamétricas poseen una estructura fina y muy intrincada (por debajo de los milisegundos)? ¿Por qué las fuentes emiten la radiación decamétrica en haces; es decir, no emiten de la misma manera en todas direcciones? ¿Por qué son intermitentes las fuentes decamétricas; es decir, no están «encendidas» todo el tiempo?

Estas misteriosas propiedades de la emisión decamétrica de Júpiter recuerdan las propiedades de los pulsars. Los pulsars típicos poseen campos magnéticos un millón de millones de veces más intensos que en Júpiter; giran 100.000 veces más deprisa; su duración es de una milésima de la vida de Júpiter, pero son mil veces más masivos. El límite de la magnetosfera de Júpiter se desplaza a menos de una milésima de la velocidad del cono de luz de un pulsar. Sin embargo, entra dentro de lo posible que Júpiter sea un pulsar que no consiguió serlo, un modelo local y bastante poco simpático de estrella de neutrones en rotación rápida, que es uno de los productos finales de la evolución estelar. De la observación, mediante vehículos de aproximación, de la emisión decamétrica de Júpiter —por ejemplo, con las misiones Voyager y Galileo de la NASA— podremos deducir conocimientos importantes acerca de los problemas todavía confusos de los mecanismos de la emisión pulsar y de las geometrías de la magnetosfera.

La astrofísica experimental se está desarrollando rápidamente. Dentro de unas pocas décadas como máximo podremos disponer de investigación experimental directa del medio interestelar: se considera que la heliopausa —el límite entre la región dominada por el viento solar y la dominada por el plasma interestelar— se sitúa a no mucho menos de 100 unidades astronómicas (9.300 millones de millas) de la Tierra. (Ahora si sólo tuviésemos en nuestro sistema solar un quasar local y un agujero negro doméstico —nada importante, sólo unos pequeños ejemplares— podríamos comprobar con mediciones *in situ* desde vehículos espaciales el cuerpo principal de la moderna especulación astrofísica.)

De la experiencia pasada puede deducirse que, tras cada misión astrofísica con naves espaciales, se encontrará que a) una gran escuela de astrofísicos había acertado plenamente; b) nadie se había puesto de acuerdo, hasta que los resultados de los vehículos espaciales hubiesen regresado, en qué escuela ; tenía razón; y c) los resultados de los vehículos espaciales pusieron de manifiesto un nuevo cuerpo de problemas fundamentales todavía más fascinantes.

## 20. EN DEFENSA DE LOS ROBOTS

*¡Te presentas en forma tan sugestiva, que quiero hablarte!*

WILLIAM SHAKESPEARE, *Hamlet*, acto I, escena 4

La palabra «robot» fue utilizada por primera vez por el escritor checo Karel Capek; proceden de la raíz eslava de «trabajador». Pero significa máquina trabajadora y no ser humano trabajador. Los robots, especialmente los robots en el espacio, han sido a menudo objeto de comentarios despectivos en la prensa. Así, leemos que se necesitaba un ser humano para llevar a cabo los últimos ajustes antes de la toma de tierra del Apollo 11 y que sin él el primer alunizaje tripulado habría acabado en un desastre; que un robot móvil colocado en la superficie marciana nunca podía ser tan capaz como un astronauta a la hora de seleccionar muestras que posteriormente examinarían geólogos terrestres; y que las máquinas nunca hubiesen podido reparar, como lo hicieron los hombres, el parasol del Skylab, tan definitivo para la continuidad de la misión Skylab.

Pero esas comparaciones las han formulado, como es natural, seres humanos. Me pregunto si en esos juicios no se ha deslizado algún elemento de autosuficiencia, una bocanada de chauvinismo humano. Así como los blancos hacen gala, en algunas ocasiones, de un cierto racismo y los hombres, a menudo, de sexismo, me pregunto si aquí no se deja entrever alguna miseria del espíritu humano comparable —enfermedad que todavía no tiene nombre. La palabra «antropocentrismo» no significa exactamente lo mismo. La palabra «humanismo» se refiere a otras actividades más benignas de nuestra especie. Por analogía con sexismo y racismo, he de suponer que el nombre de esta enfermedad es «especiismo» —el prejuicio según el cual no existen seres tan perfectos, tan capaces, tan dignos de confianza como los seres humanos.

Se trata de un prejuicio ya que, por lo menos, se juzga con anterioridad, se sacan conclusiones antes de disponer de todos los hechos. Estas comparaciones entre hombres y máquinas en el espacio giran siempre en torno a comparaciones entre hombres listos y máquinas tontas. No nos hemos preguntado qué tipo de máquinas podían construirse con los 30 mil millones de dólares aproximadamente que costaban las misiones Apollo y Skylab.

Cada ser humano es una computadora autodesplazable, soberbiamente construida, sorprendentemente compacta, capaz en su momento de tomar decisiones independientes y de controlar verdaderamente su entorno. Y, como suele decirse, estas computadoras pueden construirse con un trabajo no especializado. Pero existen serias limitaciones para la utilización de seres humanos en ciertos entornos. Sin una gran protección, los seres humanos se encontrarían muy incómodos en el fondo del océano, o sobre la superficie de Venus, o en el interior de Júpiter o incluso en misiones espaciales de muy larga duración. Tal vez los únicos resultados interesantes de la misión Skylab, que no hubiese podido obtenerse a través de las máquinas, es que los seres humanos que se pasan meses en el espacio experimentan una pérdida importante de calcio y fósforo óseos —lo cual parece indicar que los seres humanos pueden estar incapacitados a 0 g para misiones de seis o nueve meses o más. Pero los viajes interplanetarios mínimos tienen tiempos característicos de un año o dos. Como valoramos en tan alto grado a los seres humanos, somos reacios a enviarlos a misiones arriesgadas. Si enviamos seres humanos a entornos exóticos, tendremos que enviar con ellos su comida, su aire, su agua, equipaje para su ocio y reciclaje para sus restos, y compañía. Comparativamente, las máquinas no necesitan complicados sistemas de apoyo, ni entretenimiento, ni compañía, y todavía no sentimos fuertes reparos éticos por mandar máquinas en misiones sólo de ida o en misiones suicidas.

En misiones sencillas, las máquinas han demostrado verdaderamente, y en muchas ocasiones, su capacidad. Vehículos no tripulados han fotografiado por primera vez toda la Tierra y el lado oculto de la Luna; se han posado por primera vez en la Luna, en Marte y en Venus; han hecho el primer reconocimiento orbital completo de otro planeta, en las misiones Mariner 9 y Viking a Marte. Aquí en la Tierra cada vez es más frecuente que la producción de alta tecnología —por ejemplo, en la industria química y farmacéutica— se realice parcial o totalmente bajo control por computadora. En todas esas actividades, las máquinas son capaces, hasta cierto punto, de detectar errores, de corregirlos, de avisar a los controladores humanos situados a gran distancia sobre los problemas detectados.

Es bien conocida la tremenda capacidad de las máquinas computadoras en el terreno de la aritmética —consiguen velocidades miles de millones de veces superiores a las de los seres humanos no ayudados. Pero, ¿cuáles son las cosas verdaderamente difíciles? ¿Son acaso las máquinas capaces de pensar, de alguna manera, un nuevo problema? ¿Son capaces de llevar a cabo discusiones según algún árbol de contingencias que consideramos característico de los seres humanos? (Es decir, hago la Pregunta 1; si la respuesta es A hago la Pregunta 2; pero si la respuesta es B, hago la Pregunta 3; y así sucesivamente.) Hace algunas décadas, el matemático inglés A. M. Turing describía lo que para él era necesario para poder creer en la inteligencia de las máquinas. La condición era simplemente la de poder establecer comunicación por teletipo con una máquina y la de ser incapaz de decir que no se trataba de un ser humano. Turing imaginó una conversación de la siguiente guisa entre un hombre y una máquina:

PREGUNTA: En la primera línea de tu soneto dice «¿Debo compararle con un día de verano?». ¿No iría igual, o mejor, poner «un día de primavera»?

RESPUESTA : No rimaría.

PREGUNTA: ¿Y poner «un día de invierno»? Entonces rimaría perfectamente.

RESPUESTA: Sí, pero a nadie le gustaría ser comparado con un día de invierno.

PREGUNTA: ¿Podría decirse que Mr. Pickwick le recuerda la Navidad?

RESPUESTA: En cierto sentido.

PREGUNTA: Sin embargo, Navidad es un día de invierno y no creo que a Mr. Pickwick le importase la comparación.

RESPUESTA: No creo que lo diga en serio. Por un día de invierno se entiende un día de invierno típico y no un día especial como es Navidad.

No se ha construido ninguna máquina de esa sofisticación, aunque no estoy muy seguro de cuántos seres humanos pasarían con éxito el test humano de Turing. Pero la cantidad de dinero y de esfuerzo que se ha volcado sobre la inteligencia artificial ha sido bastante limitado y sólo existe una media docena de centros importantes dedicados a ello en todo el mundo. Uno de los resultados más sorprendentes obtenidos en un universo de discurso muy limitado —el de los bloques de los niños— procede del trabajo de Terry Winograd, entonces en el Massachusetts Institute of Technology. Se trata de un diálogo entre un hombre y una máquina que había sido programada por Winograd:

PREGUNTA: ¿Qué contiene la caja?

RESPUESTA: La pirámide azul y la caja azul.

PREGUNTA: ¿Cuántos bloques hay en la caja?

RESPUESTA: Hay cuatro.

PREGUNTA: ¿Es uno de ellos, por lo menos, más estrecho que el que te dije que cogieses?

RESPUESTA: Sí, el cubo rojo.

PREGUNTA: ¿Hay algún campanario?

RESPUESTA: Lo siento, no conozco la palabra «campanario».

PREGUNTA: Un campanario es una pila con dos cubos verdes y una pirámide, por ejemplo.

RESPUESTA: Comprendo.

PREGUNTA: ¿Hay algún campanario ahora?

RESPUESTA: No.

PREGUNTA: Construye uno.

La máquina lo hace. Pone en movimiento su brazo mecánico, mueve los cubos y construye la estructura que acaba de describirsele.

PREGUNTA: ¿Cuándo cogiste la pirámide?

RESPUESTA: Mientras estaba apilando el cubo rojo, el bloque rojo grande y el cubo verde grande.

PREGUNTA: ¿Por qué?

RESPUESTA : Para desembarazarme de él.

PREGUNTA: ¿Por qué sacaste el cubo?

RESPUESTA: Para ponerlo sobre el cubo verde grande.

A modo de otro ejemplo, citaremos la máquina psiquiatra puesta a punto por Joseph Weizenbaum, también en el MIT. Se trata de un programa mucho más sencillo que el de Winograd, ya que en él sólo interviene la psicoterapia no directiva, para lo cual, en términos generales, se requieren programas mucho más sencillos de computadora. Veamos un sorprendente diálogo entre un ser humano y una computadora psicoterapeuta. (Hay un efecto de selección en este caso, ya que muchos otros diálogos psiquiátricos máquina/hombre no son, ni con mucho, tan sorprendentes. Pero supongo que la mayoría de los diálogos psiquiátricos máquina/hombre tampoco son muy sorprendentes.) En esta interacción, para dejar bien claros los papeles respectivos del facultativo y del paciente, conviene decir que éste escribe en minúsculas mientras que el facultativo lo hace con mayúsculas:

los hombres son todos iguales

### **EN QUÉ SENTIDO**

siempre nos están molestando por alguna cosa

### **PUEDE CITAR ALGÚN EJEMPLO ESPECÍFICO**

bien, mi novio me hizo venir aquí

### **SU NOVIO LA HIZO VENIR AQUÍ**

advirtió que estaba deprimida la mayoría del tiempo

**ME DISGUSTA OÍR QUE ESTÁ DEPRIMIDA**

él tiene razón, no soy feliz

**CREE USTED QUE AL VENIR AQUÍ DEJARÁ DE NO SER FELIZ**

necesito una ayuda, eso es lo único claro

**QUÉ SIGNIFICARÍA PARA USTED RECIBIR UNA AYUDA**

tal vez pudiese aprender a llevarme bien con mi madre

**DÍGAME MÁS COSAS DE SU FAMILIA**

mi madre se preocupa por mí

**ALGUIEN MÁS DE SU FAMILIA SE PREOCUPA POR USTED**

mi padre

**SU PADRE**

en algunos aspectos, usted es como mi padre

**QUÉ PARECIDO ENCUENTRA**

no es muy agresivo, pero no creo que sea eso lo que quiera escuchar

**QUÉ LE HACE PENSAR QUE NO SOY MUY AGRESIVO**

no discute conmigo

**POR QUÉ CREE QUE NO DISCUTO CON USTED**

me tiene miedo

**LE AGRADA PENSAR QUE TENGO MIEDO DE USTED**

es a mi padre a quien le agrada pensar que tengo miedo de él

**QUE MÁS LE VIENE A LA CABEZA AL PENSAR EN SU PADRE**

magnífico

**TIENE ESO ALGO QUE VER CON EL HECHO DE QUE SU NOVIO LE HA HECHO VENIR AQUÍ**

Evidentemente, estas respuestas sorprendentes —podría incluso calificarlas de «perceptivas»— por parte de la computadora están programadas de antemano. Pero también lo están las respuestas de los psicoterapeutas humanos. En una época en la que es cada vez mayor el número de personas de nuestra sociedad que necesitan ayuda psiquiátrica y en la que se utilizan las computadoras a tiempo compartido, puede imaginarse toda una red de terminales de computadoras psicoterapéuticas, algo así como hileras de cabinas telefónicas desde las que, por unos cuantos dólares por sesión, se podrá hablar con un psicoterapeuta atento, experimentado y fundamentalmente no directivo. Asegurar el carácter confidencial del diálogo psiquiátrico es uno de los temas principales en los que habrá que trabajar.

Otro exponente de los logros intelectuales de las máquinas está en los juegos. Algunas

computadoras extraordinariamente sencillas —las que pueden construir niños espabilados de diez años— pueden incluso programarse para algunos juegos de críos. Con algunas computadoras se puede jugar a las damas al más alto nivel. Es evidente que el ajedrez es un juego mucho más complicado que los mencionados hasta ahora. En este caso, programar una máquina para ganar es más difícil todavía, habiéndose utilizado nuevas estrategias; incluso se han llevado a cabo intentos, con bastante éxito, para que una computadora aprenda de su propia experiencia acumulada en partidas de ajedrez previas. Las computadoras pueden aprender, por ejemplo, empíricamente la regla que hay que seguir al principio de la partida para poder controlar el centro del tablero y no la periferia. Los diez mejores jugadores de ajedrez del mundo todavía no tienen nada que temer de cualquier computadora existente. Pero la situación está cambiando. No hace mucho, una computadora logró clasificarse para el Torneo Abierto de Ajedrez del Estado de Minnesota. Puede que se trate de la primera vez que un no humano ha podido participar en una competición deportiva de alto nivel en el planeta Tierra (y no puedo dejar de pensar en la posibilidad de que en la próxima década conozcamos algún robot golfista o bateador de béisbol, por no mencionar a ningún delfín de las carreras de natación). La computadora no ganó el Torneo Abierto de Ajedrez, pero por primera vez en la historia logró clasificarse para entrar en el campeonato. Las computadoras ajedrecísticas están mejorando muy rápidamente.

He oído hablar despectivamente de las máquinas (a veces incluso con un claro suspiro de alivio), por el hecho de que el ajedrez es un campo en el que los seres humanos todavía son superiores. Me recuerda mucho un conocido chiste en el que un extranjero queda pasmado ante la capacidad de un perro de jugar a las damas. El propietario de éste responde: «Bueno, no hay para tanto. Pierde dos partidas de cada tres». Una máquina capaz de jugar al ajedrez con resultados de tipo medio es una máquina muy capaz; incluso si hay miles de jugadores humanos mejores, hay millones que son peores. El juego del ajedrez requiere estrategia, perspicacia, capacidad de análisis y la habilidad de manejar una gran cantidad de variables, así como de aprender de la experiencia. Son cualidades excelentes en aquellas personas cuyo trabajo consiste en descubrir y explorar, así como en aquéllas en las que éste consiste en mirar al bebé o sacar a pasear al perro.

Con esta serie de ejemplos, más o menos representativos del nivel de desarrollo de la inteligencia de las máquinas, creo que queda claro que un gran esfuerzo, a lo largo de los próximos diez años, ha de traducirse en ejemplos mucho más sofisticados. Ésa es la opinión de la mayoría de los que trabajan con la inteligencia mecánica.

Al considerar la nueva generación de máquinas inteligentes, conviene distinguir entre robots autocontrolados y robots con control remoto. Un robot autocontrolado dispone de su inteligencia en su interior; un robot con control remoto dispone de ella en algún otro lugar y su eficacia depende de su buena comunicación con la computadora central. Evidentemente, también se dan casos intermedios en los que la máquina está parcialmente autoactivada y parcialmente dirigida por control remoto. Parece ser que esta mezcla de control remoto e *in situ* es la que ofrecerá, en un futuro próximo, una mayor eficacia.

Por ejemplo, se puede pensar en una máquina para la minería de los fondos marinos. Existen enormes cantidades de bolsas de manganeso desparramadas por las profundidades abisales. En un tiempo se creyó que habían sido producidos por la caída de meteoritos sobre la Tierra, pero en la actualidad se cree que se formaron en las gigantescas fuentes de manganeso a que ha dado lugar la actividad tectónica interna de la Tierra. En los fondos oceánicos podrían encontrarse muchos otros minerales escasos y valiosos para la industria. Hoy estamos en condiciones de diseñar aparatos capaces de navegar por encima del fondo o de arrestarse sobre él de forma sistemática; capaces de llevar a cabo exámenes espectroscópicos y otros exámenes químicos de los materiales de la superficie; capaces de enviar automáticamente por radio al barco o a tierra los resultados de sus hallazgos; y capaces de determinar la magnitud de depósitos especialmente valiosos —por ejemplo, mediante mecanismos de radio a baja frecuencia. La guía por radio conducirá entonces grandes máquinas extractoras a los lugares adecuados. El estado actual del desarrollo de sumergibles a grandes profundidades y de sensores ambientales para vehículos espaciales



es del todo compatible con la construcción de esos tipos de máquinas. Lo mismo podría decirse de la perforación de pozos de petróleo en alta mar, de la minería del carbón y de otros minerales subterráneos, y así sucesivamente. Los beneficios económicos previsibles que reporten dichas máquinas no sólo amortizarán su construcción, sino el conjunto del programa espacial, en varias veces.

Cuando las máquinas deben afrontar situaciones especialmente difíciles, pueden programarse para reconocer aquellas situaciones que superen su capacidad y solicitar a los operadores humanos —a su vez en medios seguros y agradables— lo que tienen que hacer. Los ejemplos que acabamos de dar se refieren a máquinas básicamente autocontroladas. También es posible lo contrario y en este sentido se ha hecho un gran trabajo previo en el campo de la manipulación remota de sustancias altamente radiactivas en los laboratorios del Departamento de Energías de los EE.UU. A ese respecto, podemos imaginar la siguiente situación: un hombre conectado por radio a una máquina móvil. El operador se encuentra en Manila, por ejemplo, y la máquina en la fosa de Mindanao. El operador está conectado a una serie de relés electrónicos que transmiten y amplifican sus movimientos a la máquina y que pueden, al mismo tiempo, hacerle llegar lo que va descubriendo la máquina. Así, cuando el operador mueve su cabeza hacia la izquierda, las cámaras de televisión de la máquina giran hacia la izquierda y alrededor del operador aparece una gran pantalla hemisférica con la escena que descubren los focos y las cámaras de la máquina. Cuando el operador en Manila da unas zancadas hacia adelante, la máquina se mueve en las profundidades abisales unos pasos hacia adelante. Cuando el operador extiende su mano, el brazo mecánico de la máquina hace lo propio; y la precisión de la interacción hombre/máquina es tal que es posible lograr una precisa manipulación de los materiales del fondo oceánico mediante los dedos de la máquina. Con estas máquinas los seres humanos pueden penetrar en medios que siempre les han estado vedados.

En cuanto a la exploración de Marte, ya se han posado suavemente sobre ese planeta vehículos no tripulados y dentro de poco podrán vagar sobre la superficie del Planeta Rojo, de la misma manera que lo hacen ahora sobre la Luna. No estamos preparados todavía para una misión tripulada a Marte. A algunos de nosotros nos preocupan estas misiones, debido al peligro de llevar microbios terrestres a Marte o de traer microbios marcianos, si es que existen, a la Tierra, pero también debido al enorme gasto que suponen. Los Viking que llegaron a Marte en el verano de 1976 depositaron sobre su superficie una serie de sensores y aparatos científicos, que suponen la extensión de los sentidos humanos a un entorno adverso.

El aparato que debe seguir al Viking en la exploración marciana y que debe sacar partido de la tecnología Viking es evidentemente un vehículo móvil Viking en el que el equivalente de un vehículo espacial completo Viking, aunque con una tecnología mejorada, se ponga sobre ruedas o sobre cadenas y permita desplazarse lentamente por el paisaje marciano. Pero nos encontramos ante un nuevo problema, uno que nunca había surgido al operar con máquinas en la superficie de la Tierra. Aun siendo Marte el segundo planeta más próximo a nosotros, está tan lejos de la Tierra que el tiempo que tarda la luz en llegar ya es importante. Estando la Tierra y Marte en posiciones relativas típicas, la distancia es de unos 20 minutos luz. Así, si el vehículo móvil tiene que superar una inclinación muy pronunciada, enviaría una pregunta a la Tierra. Cuarenta minutos más tarde le llegaría la respuesta, diciendo algo así como: «Por lo que más quieras, estate quieto». Pero para entonces, como es obvio, una máquina poco sofisticada se habría hundido en la miseria. Por consiguiente, todo vehículo móvil marciano necesita sensores de inclinación y de desnivel. Afortunadamente, ya se han fabricado y se pueden encontrar incluso en algunos juguetes. Cuando el vehículo se encuentra ante una pendiente muy inclinada o una grieta enorme, o bien se para y espera las instrucciones desde la Tierra en respuesta a su petición (y da imágenes televisivas del terreno), o bien da marcha atrás e inicia un recorrido distinto y más seguro.

En las computadoras a bordo de los vehículos espaciales de la década del 80 podrán construirse circuitos mucho más elaborados de decisión ante contingencias. Para objetivos más remotos, que serán explorados en un futuro más alejado, puede pensarse en

controladores humanos, en órbita alrededor del planeta objeto de estudio, o en cualquiera de sus lunas. En la exploración de Júpiter, por ejemplo, me imagino a los operadores situados en alguna pequeña luna exterior a los intensos cinturones de radiación jovianos, controlando, sólo con unos segundos de retraso, las respuestas de un vehículo espacial que navegue por las densas nubes jovianas.

Los seres humanos también pueden estar en una interacción de ese tipo, si están dispuestos a dedicar tiempo a ello. Si cualquier decisión en la exploración marciana debe proceder de un controlador humano situado en la Tierra, el vehículo móvil sólo puede desplazarse a unos pocos pies por hora. Pero las escalas de tiempo de dichos vehículos son tan largas que unos pies por hora representan una velocidad de progreso perfectamente respetable. Sin embargo, si pensamos en expediciones a los confines del sistema solar —y, en última instancia, a las estrellas— aparecerá más claro que la inteligencia de máquinas autocontroladas irá adquiriendo una responsabilidad cada vez mayor.

En el desarrollo de esas máquinas puede apreciarse una especie de evolución convergente. El Viking, en cierto sentido, es un insecto de grandes dimensiones, torpemente construido. Todavía no es ambulante y, evidentemente, es incapaz de auto-reproducirse. Pero dispone de un exoesqueleto, tiene una gran variedad de órganos sensoriales parecidos a los de un insecto y tiene la inteligencia de una libélula. Pero el Viking presenta una ventaja sobre los insectos: puede asumir, en algunas ocasiones, cuando se pone en contacto con sus controladores en la Tierra, la inteligencia de un ser humano —los controladores tienen la facultad de reprogramar la computadora del Viking sobre la base de las decisiones que toman.

A medida que avance la inteligencia mecánica y que los objetos distantes del sistema solar se hagan accesibles a la exploración, asistiremos al desarrollo de computadoras de a bordo cada vez más sofisticadas, que irán escalando lentamente el árbol filogenético, desde la inteligencia del insecto a la del cocodrilo y de ella a la de una ardilla, hasta la inteligencia de un perro, en un futuro, a mi entender, no muy remoto. Cualquier vuelo al sistema solar exterior debe disponer de una computadora capaz de determinar si trabaja correctamente. No se tendrá la posibilidad de ir a la Tierra a por alguien que la repare. La máquina tiene que ser capaz de notar cuándo está enferma y de convertirse en un médico competente de su propia enfermedad. Se necesita una computadora que pueda arreglar o cambiar componentes estructurales o de sensores que hayan dejado de funcionar en la computadora. Una computadora de esas características, que ha sido bautizada con el nombre de STAR (self-testing and repairing computer), está a punto de construirse. Utiliza componentes redundantes, como lo hace la biología —tenemos dos pulmones y dos riñones, en parte como protección ante una falla en el funcionamiento de cualquiera de ellos. Pero una computadora puede ser mucho más redundante que un ser humano, el cual dispone, por ejemplo, de una única cabeza y un único corazón.

Dada la exigencia en cuanto al peso que caracteriza la navegación espacial de larga distancia, se producirán presiones importantes con el fin de proseguir la miniaturización de las máquinas inteligentes. Es evidente que ya se han dado pasos importantes en ese sentido: los tubos de vacío han sido sustituidos por transistores, los circuitos con cables por los paneles de circuitos impresos y sistemas enteros de computadoras por microcircuitos de borde silíceo. En la actualidad, un circuito que llenaba un aparato de radio de 1930 puede grabarse en la cabeza de un alfiler. Prosiguiendo el desarrollo de máquinas inteligentes para su utilización en minería terrestre y exploración espacial, no tardará mucho en llegar la época en que puedan construirse industrialmente robots de uso casero. A diferencia de los robots antropomorfos que ha hecho clásicos la ciencia ficción, no parece haber ninguna razón para que esas máquinas se parezcan a un ser humano más de lo que se parece una aspiradora. Se especializarán basándose en sus funciones. Pero existen muchas tareas comunes, desde despachar bebidas hasta limpiar suelos, que requieren capacidades intelectuales muy limitadas, aunque sí una buena dosis de resistencia y paciencia. Los robots domésticos ambulantes para todo uso, capaces de realizar todas las tareas domésticas con la misma efectividad que lo haría un mayordomo inglés del siglo XIX,

posiblemente tarden bastantes décadas en llegar. Pero las máquinas más especializadas, cada una de ellas adaptada a una tarea doméstica concreta, aparecen ya en el horizonte.

Cabe dentro de lo posible imaginar muchas otras tareas cívicas y funciones esenciales de la vida cotidiana llevadas a cabo por máquinas inteligentes. A principios de los años 70, los basureros de Anchorage, Alaska, y también los de otras ciudades, lograron unos incrementos salariales que les garantizaban un sueldo de 20.000 dólares anuales. Es posible que las presiones económicas por sí solas induzcan el desarrollo de máquinas automáticas recogedoras de basura. Para que el desarrollo de robots domésticos y cívicos se convierta en un bien público general, será necesario, como es lógico, procurar a los seres humanos desplazados por los robots un trabajo alternativo; pero si el proceso dura toda una generación, no ha de suponer dificultades excesivas, especialmente si viene acompañado de reformas educativas. Los seres humanos disfrutan aprendiendo.

Parece ser que nos encontramos al borde del desarrollo de una profusa variedad de máquinas inteligentes capaces de realizar tareas demasiado peligrosas, demasiado costosas, demasiado onerosas o demasiado aburridas para los seres humanos. El desarrollo de esas máquinas es, en mi opinión, uno de los pocos subproductos legítimos del programa espacial. La explotación eficaz de la energía en la agricultura —de la que depende nuestra supervivencia en tanto que especie— puede que incluso sea contingente con el desarrollo de tales máquinas. El obstáculo principal parece ser un problema muy humano, el sentimiento silencioso que aparece furtiva y espontáneamente, según el cual hay algo misterioso o «inhumano» en las máquinas que realizan ciertas tareas tan bien o mejor que los seres humanos; o un sentimiento de aversión hacia las criaturas de silicio y germanio en lugar de proteínas y ácidos nucleicos. Pero en muchos aspectos nuestra supervivencia en tanto que especie depende de la superación de prejuicios primitivos como ése. En parte, nuestra adaptación a las máquinas inteligentes es una cuestión de aclimatación. Ya existen marcapasos cardíacos que pueden sentir el pulso del corazón humano; sólo cuando existe el menor indicio de fibrilación empieza el marcapasos a estimular el corazón. Es un tipo muy rebajado, pero muy útil, de inteligencia mecánica. No puedo concebir que el portador de un marcapasos pueda sentir reparos ante esa inteligencia. Creo que en un tiempo relativamente corto se producirá una muy parecida aceptación de las máquinas mucho más inteligentes y sofisticadas. No hay nada inhumano en la máquina inteligente; en realidad, se trata de una expresión más de la soberbia capacidad intelectual que hoy poseen solamente los seres humanos, de entre todos los seres de nuestro planeta.

## 21. PASADO Y FUTURO DE LA ASTRONOMÍA NORTEAMERICANA

Es poco lo que se ha hecho, escasamente un inicio; y, sin embargo, es mucho comparado con el vacío total de hace un siglo. Y nuestros conocimientos, como puede intuirse fácilmente, parecerán a su vez la ignorancia más supina a aquellos que vengan detrás de nosotros. Sin embargo, no cabe despreciarlos, pues a través de ellos nos acercamos a tientas hasta alcanzar la orilla de la vestidura del Altísimo.

AGNES M. CLERKE, *A Popular History of Astronomy*

(Adam and Charles Black, Londres, 1893)

El mundo ha cambiado desde 1899, pero hay pocos campos que hayan cambiado tanto —en el desarrollo de los conocimientos fundamentales y en el descubrimiento de nuevos fenómenos— como la astronomía. He aquí unos cuantos títulos de artículos recientes publicados en las revistas científicas *The Astrophysical Journal* e *Icarus*: «G240-72: una nueva enana blanca magnética con polarización poco frecuente», "Estabilidad estelar relativista: efectos del sistema elegido», «Detección de metilamina interestelar», "Una nueva lista de 52 estrellas degeneradas», «La edad de Alfa Centauri», «¿Tienen acompañantes colapsados los "runaways" OB?», «Efectos finitos de alcance nuclear sobre el "Bremsstrahlung" de pares de neutrinos en las estrellas de neutrones», «Radiación gravitatoria del colapso estelar», «Búsqueda de una componente cosmológica del fondo de rayos X blandos en la dirección de M31», «La fotoquímica de los hidrocarburos en la atmósfera de Titán», «El contenido de uranio, torio y potasio en las rocas de Venus, medido por el Venera 8», «Emisión radio de HCN desde el cometa Kohoutek», «Brillo de radio e imagen de altitud de una parte de Venus» y «Atlas fotográfico de las lunas de Marte a partir del Mariner 9». Nuestros antepasados habrían sacado algo de provecho de esos títulos, pero su reacción principal hubiese sido la incredulidad.

Cuando me pidieron que presidiese el Comité para el 75º aniversario de la Sociedad Astronómica de América en 1974, me pareció una buena oportunidad para ponerme al corriente del estado de nuestro tema a finales del siglo pasado. Me interesó saber dónde habíamos estado, dónde estamos ahora y, en la medida de lo posible, algo de adónde vamos. En 1897, el Observatorio Yerkes (por entonces contaba con el mayor telescopio del mundo) fue inaugurado oficialmente y con motivo de ello se celebró una reunión científica de astrónomos y astrofísicos. En 1898, tuvo lugar una segunda reunión en el Observatorio del Harvard College, y una tercera en el Observatorio Yerkes, en 1899, época en la que se fundó oficialmente lo que hoy es la Sociedad Astronómica de América.

La astronomía de 1897 a 1899 parece haber sido vigorosa, combativa, dominada por algunas personalidades bien definidas y ayudada por tiempos de publicación muy cortos. El tiempo medio entre la entrega y la publicación de artículos en *Astro-physical Journal (ApJ.)* durante esa época parece haber sido más breve que en *Astrophysical Journal Letters* hoy. El hecho de que una gran mayoría de los artículos procediese del Observatorio Yerkes, lugar donde se publicaba la revista, puede haber tenido que ver con esa rapidez. La inauguración del Observatorio Yerkes en Williams Bay, Wisconsin —en su frontispicio aparece el año 1895—, se retrasó más de un año debido al hundimiento del suelo, que a punto estuvo de matar al astrónomo E. E. Barnard. El incidente se menciona en *ApJ.* (6:149), pero no aparece ningún indicio de negligencia. Sin embargo, en la revista inglesa *Observatory* (20:393) se habla claramente de construcción negligente y de presuntos arreglos para encubrir a los responsables. También descubrimos en la misma página del *Observatory* que la ceremonia de inauguración se retrasó unas semanas para acomodarse al plan de viaje de Mr. Yerkes, el barón donante. En *Astrophysical Journal* se dice que «*las ceremonias de inauguración tuvieron que posponerse desde el 1º de octubre de 1897*», pero no se especifica la razón.

*Ap.J.* fue editado por George Ellery Hale, el director del Observatorio Yerkes, y por James E. Keeler, quien en 1898 fue nombrado director del Observatorio Lick, en Mount Hamilton (California). Sin embargo, *Ap.J.* debía estar dominado por Williams Bay, posiblemente porque el Observatorio Lick dominaba *Publications*, de la Sociedad Astronómica del Pacífico (*PASP*), por la misma época. En el volumen 5 de *Astrophysical Journal* no hay menos de trece fotografías del Observatorio Yerkes, incluida una de la central eléctrica. Las primeras cincuenta páginas del volumen 6 cuentan con otra docena más de fotografías del Observatorio Yerkes. La dominación del Este en la Sociedad Astronómica de América también se refleja en el hecho de que el primer presidente de la Sociedad Astrofísica y Astronómica de América fue Simon Newcomb, del Observatorio Naval de Washington, y los primeros vicepresidentes, Young y Hale. Los astrónomos de la costa Oeste se quejaban de las dificultades que suponía desplazarse hasta Yerkes para la tercera conferencia de astrónomos y astrofísicos, y parecen haber hecho pública alguna manifestación de júbilo por el hecho de que las demostraciones previstas con el telescopio de refracción de 40 pulgadas de Yerkes tuvieran que posponerse debido al mal tiempo. Ése es el nivel máximo de rencor entre observatorios que puede encontrarse en cualquiera de las revistas.

Por aquella época, *Observatory* tenía un fino olfato para la murmuración astronómica. Por *Observatory* nos enteramos que en el Observatorio Lick se había declarado una "guerra civil" y que se desató un "escándalo" relacionado con Edward Holden (el director anterior a Keeler), de quien se dijo que había permitido la presencia de ratas en el agua potable de Mount Hamilton. También publicó una historia sobre una explosión química de prueba que estaba prevista en la zona de la Bahía de San Francisco y controlada desde un aparato sísmico situado en Mount Hamilton. En el momento indicado, nadie, excepto Holden, logró advertir algún tipo de deflexión de la aguja; rápidamente Holden envió un mensajero montaña abajo para hacer conocer al mundo la gran sensibilidad del sismógrafo de Lick. Pero muy pronto llegó a la cima de la montaña otro mensajero con la noticia de que había sido suspendida la prueba. Volvió a despacharse nuevamente otro mensajero para alcanzar al primero y, según las referencias de *Observatory*, la turbación del Observatorio Lick fue advertida por muy pocos.

La juventud de la astronomía norteamericana de ese período queda reflejada elocuentemente en el orgulloso anuncio de 1900 según el cual el Departamento de Astronomía de Berkeley se independizaba desde entonces del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de California. En un estudio realizado por el Profesor George Airy, que más tarde fue Astrónomo Real Británico, éste se lamentaba de ser incapaz de hablar de astronomía en América en 1832, básicamente porque no había nada. No hubiese podido decir lo mismo en 1899.

En estas revistas no aparecen prácticamente referencias a la intromisión de la política externa (en el sentido de no académica), excepto en el caso de la designación, por parte del Presidente McKinley, de T. J. J. See como profesor de matemáticas de la U.S. Navy y en una persistente frialdad en los debates científicos entre el personal del Observatorio Lick y el de los Observatorios de Postdam (Alemania).

También pueden advertirse algunos signos de las actitudes imperantes en los años de 1890. Por ejemplo, en la descripción de una expedición para observar un eclipse desde Siloam, Georgia, el 28 de mayo de 1900, se dice: «*Incluso algunos de los blancos carecían de un profundo conocimiento de las cosas relacionadas con un eclipse. Muchos creían que era un espectáculo para ganar dinero; una pregunta muy importante, y formulada con frecuencia, era la de cuánto dinero pensaba pedir en concepto de entrada. Otra idea era la de que el eclipse sólo podía observarse desde mi observatorio... Quiero expresar aquí mi consideración por el elevado tono moral de la comunidad ya que, con una población de sólo 100 personas, incluidos los alrededores, consta de 2 blancos y 2 iglesias de color y durante mi estancia no oí una sola palabra profana... En tanto que yanqui no sofisticado presente en el Sur, poco habituado a las formas de hacer sureñas, cometí algunos deslices que no fueron considerados como "exactamente la cosa". Las sonrisas que se dibujaban cuando anteponía la palabra "Mr." al nombre de mi ayudante de color hicieron que tuviese que cambiarla por la de "Coronel", que era de entera satisfacción para todo el mundo*».

Un conjunto de visitantes fue designado para resolver algunos problemas (nunca hechos públicos) relacionados con el Observatorio Naval de los Estados Unidos. El informe de ese grupo —compuesto por dos oscuros senadores y los profesores I. Edward, C. Pickering, George C. Comstock y Hale— es interesante, pues menciona cantidades de dólares. Encontramos que los costos anuales de mantenimiento de los principales observatorios del mundo eran: Observatorio Naval, 85.000 dólares; Observatorio de París, 53.000 dólares; Observatorio de Greenwich (Inglaterra), 49.000 dólares; Observatorio de Harvard, 46.000 dólares y Observatorio de Pulkovo (Rusia), 36.000 dólares. Los salarios de los dos directores del Observatorio Naval de los Estados Unidos eran de 4.000 dólares cada uno y en el Observatorio de Harvard de 5.000 dólares. El distinguido conjunto de visitantes recomendó que «dentro de una planificación de salarios que previsiblemente atrajese a astrónomos de la clase deseada», el salario de los directores de los observatorios debería ser de 6.000 dólares. En el Observatorio Naval, los calculistas (exclusivamente humanos por entonces) percibían 1.200 dólares anuales, pero en el Observatorio de Harvard sólo 500 dólares anuales, y la mayoría eran mujeres. De hecho, todos los salarios de Harvard excepto el del director eran significativamente menores que los del Observatorio Naval. El comité afirmó: «La gran diferencia de salarios entre Washington y Cambridge, especialmente en el caso de los funcionarios de menor grado, posiblemente sea insalvable. En parte, se debe a las Leyes del Servicio Civil». Un signo adicional de la inopia astronómica es el anuncio de un puesto de trabajo en Yerkes como «ayudante voluntario de investigación», sin remuneración prevista, pero, según el anuncio, capaz de proporcionar una buena experiencia a estudiantes con títulos superiores.

Entonces como ahora, la astronomía estaba acosada por los «aficionados a las paradojas», que siempre proponían ideas peregrinas o chifladas. Uno propuso un telescopio con noventa y una lentes en serie como alternativa a un telescopio con un número mayor de lentes de mayor apertura. Durante ese período, los británicos tuvieron una plaga similar, aunque quizás algo más moderada. Por ejemplo, una nota necrológica aparecida en *Monthly Notices*, de la Royal Astronomical Society (59:226), referente a Henry Perigal, nos informa que el finado habla celebrado su noventa y cuatro aniversario siendo admitido en la Institución Real, aunque habla sido elegido miembro adjunto de la Royal Astronomical Society en 1850. Sin embargo, «nuestras publicaciones no recogen ningún artículo salido de su pluma». La nota describe «la forma notable cómo el encanto de la personalidad de Mr. Perigal le hizo ganar un lugar que hubiera podido parecer inalcanzable para un hombre con sus puntos de vista; pues no cabe ocultar que era pura y simplemente un aficionado a la paradoja, ya que estaba profundamente convencido de que la Luna no giraba sobre sí misma, siendo su objetivo astronómico principal el convencer a los demás, especialmente a los jóvenes no endurecidos en la creencia contraria, de su grave error. A tal fin hizo diagramas, construyó modelos y escribió poemas, soportando con heroica entereza el continuo contratiempo de que nada de ello le sirviese de aval. Sin embargo, realizó un trabajo excelente al margen de su y desafortunada incompreensión».

El número de astrónomos norteamericanos durante ese período era muy pequeño. Las reglas de la Sociedad Astronómica y Astrofísica de América exigían para su constitución un quórum de veinte miembros. En el año 1900 sólo existían en los Estados Unidos nueve doctores en astronomía. En ese mismo año se otorgaron cuatro doctorados: dos en la Universidad de Columbia, G. N. Bauer y Carolyn Furness; uno en la Universidad de Chicago, Forest Ray Moulton; y uno en la Universidad de Princeton, Henry Morris Russell.

Una idea de lo que por entonces se consideraba un trabajo científico importante la pueden dar los premios que se otorgaban. E. E. Barnard recibió la Medalla de Oro de la *Royal Astronomical Society* en parte por el descubrimiento de la luna joviana Júpiter 5 y por sus fotografías astronómicas con una máquina de retratar. Sin embargo, el vapor que le conducía se vio envuelto en una tormenta en el Atlántico, no logrando llegar a tiempo para la ceremonia. Necesitó varios días para recuperarse de la tormenta, razón por la cual la hospitalidad de la RAS le ofreció una segunda cena. Al parecer, el discurso de Barnard debió ser espectacular, llegando a utilizar un medio audiovisual de reciente creación, el proyector de diapositivas.

A propósito de una de sus fotografías de la región de la Vía Láctea próxima a *Theta Ophiuchus*, puntualizó que «*todo el fondo de la Vía Láctea... presenta un substrato de materia nebulosa*» (mientras tanto, H. K. Palmer afirmaba no encontrar nebulosidad en sus fotografías del cúmulo globular M13). Barnard, que era un excelente observador visual, planteó serias dudas a la concepción de Percival Lowell de un planeta Marte habitado y repleto de canales. En la respuesta de agradecimiento a Barnard por su discurso, el presidente de la *Royal Astronomical Society*, sir Robert Ball, manifestó su inquietud por ello diciendo que, a partir de entonces, «*debería considerar los canales con cierta prevención y no sólo eso, también los mares (de Marte, las áreas oscuras) habían quedado parcialmente en entredicho. Tal vez las experiencias recientes en el Atlántico de nuestro invitado puedan explicar algo de esta desconfianza*». Las ideas de Lowell no encontraban entonces demasiado eco en Inglaterra, como se hacía saber también en *Observatory*. Respondiendo a una pregunta sobre los libros que más le habían gustado e interesado en 1896, el profesor Norman Lockyer respondió: «*Marte, de Percival Lowell y Sentimental Tommy, de J. M. Barrie (no requieren tiempo para leerlos con seriedad)*. »

Los premios de astronomía otorgados en 1898 por la *Academie Francaise* correspondieron a Seth Chandler, por el descubrimiento de la variación de la latitud; a Belopolsky, en parte por sus estudios sobre las estrellas binarias espectroscópicas; y a Schott, por su trabajo sobre el magnetismo terrestre. Hubo también un concurso en el que se premió el mejor tratado sobre «la teoría de las perturbaciones de Hiperión», una de las lunas de Saturno. Según las referencias, «*el único ensayo presentado fue el del Dr. G. W. Hill, de Washington, a quien le fue otorgado el premio*».

La Medalla Bruce de la Sociedad Astronómica del Pacífico fue otorgada al Dr. Arthur Auwers, de Berlín, en 1899. En el discurso con motivo de la concesión se decía lo siguiente: «*En la actualidad Auwers se sitúa a la cabeza de la astronomía alemana. Su persona plasma el tipo más completo de investigador de nuestro tiempo, posiblemente mejor desarrollado en Alemania que en cualquier otro país. El trabajo de hombres de este estilo se caracteriza por una investigación cuidadosa y concienzuda, una infatigable actividad en la acumulación de datos, prudencia al proponer nuevas teorías o explicaciones y, por encima de todo, la ausencia de todo esfuerzo por conseguir el reconocimiento de los demás, siendo el primero en llevar a cabo un descubrimiento*». En 1899, la Medalla de Oro Henry Draper de la Academia Nacional de Ciencias fue otorgada por primera vez en siete años. La obtuvo Keeler. En 1898, Brooks, cuyo observatorio se encontraba en Geneva, New York, anunció el descubrimiento de su vigésimo primer cometa —del que Brooks dijo que le permitía «alcanzar su mayoría de edad». Poco después le fue concedido el Premio Lalande de la *Academie Francaise* por su plusmarca de planetas descubiertos.

En 1897, a raíz de una importante exposición en Bruselas, el gobierno belga ofreció unos premios por la solución de varios problemas astronómicos. Entre esos problemas figuraba el del valor numérico de la aceleración producida por la gravedad en la Tierra, el de la aceleración secular de la Luna, el movimiento global del sistema solar a través del espacio, la variación de la latitud, la fotografía de las superficies planetarias y la naturaleza de los canales de Marte. Un último tema consistía en el invento de un método para la observación de la corona solar en ausencia de eclipse. *Monthly Notices* (20:145) comentaba: «*...si este premio en metálico induce a alguien a resolver este último problema o, de hecho, cualquiera de ellos, el dinero estará bien gastado*».

Sin embargo, al leer los artículos científicos de la época, da la impresión de que el foco de interés se había desplazado hacia otros temas distintos de los propuestos para los premios. Sir William y lady Huggins hicieron unas experiencias de laboratorio que indicaban que a presiones bajas el espectro de emisión del calcio presentaba sólo las rayas llamadas H y K. La conclusión que sacaron es la de que el Sol estaba compuesto principalmente por hidrógeno, helio, «coronio» y calcio. Huggins había establecido previamente una secuencia espectral de las estrellas, que consideraba evolutiva. La influencia de Darwin en las ciencias era muy intensa por aquella época y, entre los astrónomos norteamericanos, el trabajo de T. J. J. See estaba especialmente impregnado de una perspectiva darwiniana. Resulta

interesante comparar la secuencia espectral de Huggins con los tipos espectrales de Morgan-Keenan, utilizados en la actualidad:

Aquí puede verse el origen de los términos «inicial» y «final» referidos a los tipos espectrales, hecho que refleja el espíritu darwiniano de la ciencia de la última época victoriana. Queda claro que aquí se trata de una gradación de tipos espectrales y se sientan los inicios —posteriormente desarrollados a través del diagrama de Hertzsprung-Russell— de las modernas teorías de la evolución estelar.

#### SECUENCIA ESPECTRAL ESTELAR DE HUGGINS

<i>Orden de edad creciente</i>	<i>Estrella (y tipo espectral moderno entre paréntesis)</i>
Joven	Sirio (A1V)
	.....
	.....
	Altair (A7 IV-V)
	Rigel (B8Ia)
	Deneb (A2Ia)
	.....
	.....
	Capela (G8, G0)
	Arturo (K1 III)
Aldebarán (K5 III)	
Vieja	Betelgeuse (M2 I)

**Nota:** La secuencia espectral estelar moderna va desde tipos espectrales «iniciales» a «finales», como O, B, A, F, G, K, M. Huggins acertó casi plenamente.

Durante esa época se produjeron avances fundamentales en física, y los lectores de *ApJ* eran informados de ellos gracias a la reimpresión de resúmenes de artículos importantes. Las experiencias seguían realizándose conforme a las leyes básicas de la radiación. En algunos artículos, el nivel de elaboración física no era de gran calibre como, por ejemplo, en un artículo aparecido en *PASP* (11:18) en el que se calcula el momento lineal de Marte como el producto de la masa del planeta por la velocidad lineal de la superficie. Finalizaba diciendo que «el planeta, exceptuando el casquete, tiene un momento de 183 y 3/8 septillones de pies-libras». Evidentemente, la notación potencial de los grandes números no estaba muy difundida.

En esa misma época se publican las curvas de luz visuales y fotográficas de, por ejemplo, las estrellas de M5, así como los resultados de las experiencias con filtros fotográficos realizadas por Keeler con Orión. Un tema muy interesante era el de la evolución temporal en astronomía, que debió generar por aquel entonces tanto entusiasmo como lo producen hoy los púlsares, los quásares y las fuentes de rayos X. Se publicaron muchos estudios sobre las velocidades variables en la línea de visión, a partir de las cuales se dedujeron las órbitas de las binarias espectroscópicas, así como las variaciones periódicas de la velocidad aparente de *Omicron Ceti*, a partir del corrimiento Doppler de la raya H gamma y otras rayas espectrales.

Ernest F. Nichols hizo las primeras mediciones en infrarrojo de estrellas en el Observatorio Yerkes. En el estudio se concluye: «No recibimos de Arturo más calor del que nos



*proporcionaría una vela a una distancia de 5 ó 6 millas*». No se proporciona ningún otro cálculo. Las primeras observaciones experimentales de la opacidad infrarroja del anhídrido carbónico y del vapor de agua las realizaron en esa época Rubens y Aschkinass, quienes descubrieron básicamente la fundamental del anhídrido carbónico a 15 micras y el espectro de rotación puro del agua.

Existe una espectroscopía fotográfica preliminar de la Nebulosa de Andrómeda realizada por Julius Scheiner en Postdam, Alemania, de la que deduce correctamente que *«la sospecha previa de que las nebulosas espirales son cúmulos estelares se ha elevado al rango de certeza*». A modo de ejemplo del grado de crítica personal tolerado en ese tiempo, podría citarse el siguiente párrafo de un artículo de Scheiner en el que se critica a W. W. Campbell: *«En el número de noviembre del Astrophysical Journal, el profesor Campbell ataca, con gran indignación, algunas de mis observaciones críticas sobre sus descubrimientos... Esa sensibilidad es tanto más sorprendente cuanto que se da en alguien muy dado a censurar severamente a los demás. Es más, un astrónomo que observe con frecuencia fenómenos que otros no pueden ver, y es incapaz de ver aquellos que otros ven, debe mostrarse dispuesto a ver contestadas sus opiniones. Si, como se lamenta el profesor Campbell, he dado un único ejemplo para fundamentar mi opinión, es porque la cortesía me impedía añadir otro. A saber, que el profesor Campbell no puede percibir las rayas del vapor de agua del espectro de Marte que fueron observadas por Huggins y Vogel en primer lugar y, después de que Mr. Campbell pusiera en duda su existencia, fueron observadas e identificadas con plena certeza por el Profesor Wilsing y por mi mismo*». La cantidad de vapor de agua en la atmósfera marciana de la que hoy se tiene conocimiento hubiese sido imposible de detectar con los métodos espectroscópicos en uso en aquella época.

La espectroscopía constituía un elemento dominante en la ciencia de finales del siglo xix. Ap. J. iba publicando el espectro solar de Rowland, que abarcaba 20.000 longitudes de onda, cada una de ellas con siete cifras significativas. Publicó también una importante reseña necrológica de Bunsen. Da vez en cuando, los astrónomos quedaban maravillados ante la extraordinaria naturaleza de sus descubrimientos: *«Es sencillamente increíble que la débil luz centelleante de una estrella pueda ser tal que produzca ese registro autográfico de sustancia y condición del astro inconcebiblemente alejado*». Un tema importante de debate en *Astrophysical Journal* era el de si los espectros debían presentarse con el rojo a la izquierda o hacia la derecha. Los partidarios del rojo a la izquierda mencionaban la analogía del piano (en el que las frecuencias elevadas están a la derecha), pero Ap. J. optó resueltamente por el rojo a la derecha. Quedaba un cierto margen para llegar a un compromiso sobre si el rojo tenía que escribirse en la parte superior o en la inferior, en las listas de longitudes de onda. Los ánimos se encresparon y Huggins llegó a escribir que *«cualquier cambio... sería poco menos que intolerable*». Pero Ap. J. acabó imponiéndose.

Otra discusión importante de aquel período versaba sobre la naturaleza de las manchas solares. G. Johnstone Stoney propuso que se debían a una capa de nubes condensadas en la fotosfera del Sol. Pero Wilson y Fitz-Gerald pusieron la objeción de que no se podían concebir condensaciones a esas temperaturas tan elevadas, a menos que fuesen de carbono. En lugar de ello sugirieron, de forma muy vaga, que las manchas solares se debían a *«la reflexión por flujos convectivos de gas*». Evershed tuvo una idea más ingeniosa; era de la opinión de que las manchas solares eran agujeros en la fotosfera exterior del Sol, que nos permitían ver profundidades mayores y más calientes. Pero, ¿por qué son negras? Propuso que toda la radiación estaba corrida del espectro visible al ultravioleta inaccesible. Evidentemente, todo esto se discutía antes de que se entendiese la distribución de Planck de la radiación de un cuerpo caliente. En esa época no se creía imposible que las distribuciones espectrales de los cuerpos negros de distintas temperaturas se cruzasen entre sí; de hecho, algunas curvas experimentales de entonces ponían de manifiesto esa propiedad —producida, como sabemos ahora, por las diferencias en las capacidades de emisión y absorción.

Ramsay acababa de descubrir el elemento kriptón, del que se decía que presentaba catorce rayas espectrales detectables, una de ellas a 5570 angstroms, coincidente con *«la raya principal de la aurora*». E. B. Frost dedujo: *«Así, parece ser que el verdadero origen de la*

*hasta ahora perturbadora raya ha sido descubierto*». Más adelante quedó establecido que se debía al oxígeno.

Se publicaron muchos artículos sobre diseño de instrumentos, siendo uno de los más interesantes uno de Hale. En enero de 1897 sugirió que se necesitaban tanto los telescopios refractores como los reflectores, pero advertía que se estaba produciendo una cierta tendencia hacia los reflectores, en concreto hacia los telescopios coudé ecuatoriales. En una memoria histórica, Hale menciona que el Observatorio Yerkes disponía de una lente de 40 pulgadas por la sencilla razón de que un plan previo de construcción de un gran refractor cerca de Pasadena, California, había sido cancelado. Me pregunto cuál hubiese sido la historia de la astronomía caso de no haberse cancelado dicho plan. Resulta curioso, pero Pasadena parece haberse ofrecido a la Universidad de Chicago para situar allí el Observatorio Yerkes. Hubiese sido un gran viraje para 1897.

A finales del siglo XIX, los estudios acerca del sistema solar exhibían la misma mezcla de promesas futuras y confusión habitual que los trabajos relacionados con las estrellas. Uno de los artículos más sobresalientes de la época, debido a Henry Norris Russell, lleva por título «La atmósfera de Venus». Se trata de una discusión sobre la extensión de los cuernos de Venus creciente, basada parcialmente en las observaciones del propio autor con el telescopio *buscador* de 5 pulgadas del «gran ecuatorial» del Observatorio Halsted en Princeton. Tal vez el joven Russell no se encontraba todavía totalmente a sus anchas manejando telescopios mayores en Princeton. La esencia del análisis es correcta a la luz de los conocimientos actuales. Russell dedujo que la refracción de la luz solar no era la causante de la extensión de los cuernos y que la causa había que buscarla en la difusión de la luz solar: «...la atmósfera de Venus, como la nuestra, contiene en suspensión partículas de polvo o niebla de algún tipo y... lo que vemos es la parte superior de esa atmósfera brumosa, iluminada por los rayos que han pasado cerca de la superficie del planeta». Más adelante afirma que la superficie aparente puede ser una densa capa de nubes. La altura de la bruma se calcula en 1 km aproximadamente por encima de lo que ahora llamaríamos el estrato de nubes principal, un número que concuerda con la fotografía del limbo hecha por el vehículo espacial *Mariner 10*. Russell pensaba, basándose en los trabajos de los demás, que existían indicios espectroscópicos de la existencia de vapor de agua y oxígeno en la tenue atmósfera de Venus. Pero la esencia de su argumento ha resistido francamente bien los embates del tiempo.

William H. Pickering descubría Foebe, el satélite más exterior de Saturno, y Andrew E. Douglass, del Observatorio Lowell, publicaba sus observaciones de Júpiter 3, que le inducían a afirmar que éste gira sobre sí mismo en una hora menos que su período de revolución, conclusión incorrecta en una hora.

Otros que se dedicaron a determinar períodos de rotación no tuvieron tanto éxito. Por ejemplo, un tal Leo Brenner observaba desde el Observatorio Manora, en un lugar llamado Lussinpiccolo. Brenner criticó duramente la estimación efectuada por Percival Lowell del período de rotación de Venus. Brenner comparaba dos dibujos de Venus en luz blanca hechos por dos personas distintas con una diferencia de tiempo de cuatro años; de ahí dedujo un período de rotación de 23 horas, 57 minutos y 36,37728 segundos, período que se correspondía con el significado de sus dibujos «más precisos». Por eso Brenner consideraba incomprensible que alguien fuese todavía partidario del período de rotación de 224,7 días y deducía que «un observador con poca experiencia, un telescopio poco adecuado, un ocular mal escogido, el pequeñísimo diámetro del planeta, observado con una potencia insuficiente, y una declinación baja, todos estos factores explicaban los peculiares dibujos de Mr. Lowell». Como es evidente, la verdad no se encuentra entre los extremos de Lowell y Brenner, sino del otro lado de la escala, con un signo menos: un período retrógrado de 243 días.

En otra comunicación, herr Brenner afirma: «*Caballeros: Tengo el honor de informarles que la Sra. Manora ha descubierto una nueva división del sistema de anillos de Saturno*», de lo que deducimos que existe una cierta Sra. Manora en el Observatorio Manora en Lussinpiccolo y que lleva a cabo observaciones junto a herr Brenner. A continuación

describe la igual importancia de las divisiones de Encke, Cassini, Antoniadi, Struve y Manora. Tan solo las dos primeras han superado la prueba del tiempo. Herr Brenner parece haberse desvanecido con las nieblas del siglo xix.

En la segunda conferencia de astrónomos y astrofísicos celebrada en Cambridge se presentó un trabajo con la «sugerencia» de que la rotación de los asteroides, caso de darse, podía deducirse de una curva de luz. Pero no se pudo encontrar ninguna variación del brillo con el tiempo y Henry Parkhurst sentenció: «*Creo que se puede desechar tranquilamente la teoría*». En la actualidad, se considera piedra de toque de los estudios sobre asteroides.

En una discusión acerca de las propiedades térmicas de la Luna, realizada al margen de la ecuación unidimensional de la conducción térmica, basada en mediciones de laboratorio sobre la emisividad, Frank Very dedujo que una temperatura lunar típica de día es de unos 100° C, exactamente la respuesta acertada. Vale la pena citar textualmente: «*Sólo el más horrible de los desiertos terrestres donde la arena incandescente levanta ampollas en la piel y los hombres, los animales y los pájaros caen muertos, logra aproximarse a la superficie sin nubes de nuestro satélite a mediodía, solo las latitudes polares más extremas pueden tener una temperatura soportable de día y, ni que decir tiene, que tendríamos que convertirnos en trogloditas para resistir, de noche, el intensísimo frío*». Algunos estilos de exposición son muy particulares.

A principios de la década, Maurice Loewy y Pierre Puiseux, del Observatorio de París, habían publicado un atlas de fotografías lunares, cuyas consecuencias teóricas fueron discutidas en *Ap. J.* (5:51). El grupo de París propuso una nueva teoría volcánica sobre el origen de los cráteres lunares, arroyos y otras formas topográficas, teoría que posteriormente fue criticada por E. E. Barnard, después de haber examinado el planeta con el telescopio de 40 pulgadas. A su vez, Barnard fue criticado por la *Royal Astronomical Society*, y así sucesivamente. Uno de los argumentos de ese debate era de una simplicidad decepcionante: los volcanes producen agua; no hay agua en la Luna; por tanto, los cráteres lunares no son volcánicos. Aun cuando la mayoría de los cráteres lunares no son volcánicos, ese no es un argumento convincente, ya que pasa por alto la posibilidad de depósitos de agua. Las conclusiones de Very acerca de la temperatura de los polos lunares podrían haber servido para algo más. Allí, el agua se congela a partir de la escarcha. La otra posibilidad es que el agua pueda escaparse de la Luna y fluir hacia el espacio.

Este hecho fue reconocido por Stoney en un notable artículo titulado «De las atmósferas en planetas y satélites». Dedujo que no podía existir atmósfera en la Luna debido a la gran facilidad de escape de los gases al espacio, a causa de la baja gravedad lunar, ni cualquier construcción importante de los gases más ligeros, hidrógeno y helio, en la Tierra. Estaba convencido de que no existía vapor de agua en la atmósfera de Marte y de que ésta y los casquetes eran posiblemente de dióxido de carbono. Dedujo que cabría esperar hidrógeno y helio en Júpiter y que Tritón, la luna mayor de Neptuno, podía tener una atmósfera. Cada una de esas conclusiones está de acuerdo con los descubrimientos u opiniones actuales. También dedujo que Titán no debía tener aire, una predicción con la que están de acuerdo algunos teóricos modernos, aunque Titán parece tener otro punto de vista al respecto (ver capítulo 13).

A lo largo de ese período, se producen también algunas especulaciones más que sorprendentes, como la propuesta del Rev. J. M. Bacon en el sentido de que valdría la pena llevar a cabo observaciones astronómicas desde grandes altitudes, desde un globo libre, por ejemplo. Sugirió que, por lo menos, tendría dos ventajas: mejor visión y espectroscopía ultravioleta. Más adelante, Goddard propondría pruebas parecidas desde observatorios instalados en cohetes (capítulo 18).

Hermann Vogel había encontrado previamente, por espectroscopía ocular, una banda de absorción de 6183 Å en el cuerpo de Saturno. Posteriormente, la *International Color Photo Company* de Chicago obtuvo unas placas fotográficas de tanta calidad que en estrellas de magnitud cinco podían detectarse longitudes de onda tan largas como la raya H alfa en el rojo. La nueva emulsión se utilizó en Yerkes, y Hale explicó que no aparecía por ningún lado

la banda de 6183 Å en los anillos de Saturno. Hoy se sabe que la banda se encuentra a 6190 Å y se trata de la 6 vs del metano.

Otro tipo de reacción a los escritos de Percival Lowell aparece en el discurso de James Keeler en la inauguración del Observatorio Yerkes:

Es de lamentar que la habitabilidad de los planetas, tema sobre el que los astrónomos afirman no conocer demasiado, se haya elegido como motivo de inspiración del novelista, para quien la distancia entre habitabilidad y habitantes es muy pequeña. El resultado de esa ingenuidad es que lo real y lo ficticio quedan indisolublemente unidos en la mente del profano, quien aprende a considerar la comunicación con los habitantes de Marte como un proyecto que merece ser considerado seriamente (por el que incluso puede desear dar dinero a ciertas sociedades científicas), desconociendo que dicho proyecto es una extravagancia para los mismos hombres cuyo trabajo ha excitado la imaginación del novelista. Cuando [el profano] alcanza a comprender el verdadero estado de nuestros conocimientos en esos temas, queda muy desilusionado y con un cierto resentimiento hacia la ciencia, como si ésta le hubiese sido impuesta. La ciencia no es la responsable de esas ideas erróneas que, al no disponer de una base sólida, gradualmente van desvaneciéndose y siendo olvidadas.

El discurso de Simon Newcomb en esa ocasión contiene algunas observaciones un tanto idealistas, pero de interés general para el empeño científico:

¿Se ve motivado el hombre hacia la exploración de la Naturaleza por una pasión insuperable, para ser más envidiado o compadecido? En ninguna otra empresa consigue tanta certeza aquel que la merece. Ninguna vida es tan agradable como la de quien dedica sus energías a seguir los impulsos interiores de la propia personalidad. El investigador de la verdad está poco sujeto a las desilusiones que encuentra el ambicioso en otros campos de actividad. Es agradable pertenecer a esa hermandad que se extiende por todo el mundo en la que no existe la rivalidad, excepto la que se produce al intentar hacer un trabajo mejor que el de los demás, mientras que la admiración mutua cierra el camino a los celos... Así como el capitán de una industria se ve estimulado por el amor a la riqueza y el político por el amor al poder, el astrónomo se ve estimulado por el amor al conocimiento en sí mismo y no por sus posibles aplicaciones. Y se muestra orgulloso de saber que su ciencia tiene más valor para la humanidad que el coste de ella. Se da cuenta de que el hombre no puede vivir solamente de pan. Y si no es más que *pan* el conocer el lugar que ocupamos en el universo, sin lugar a dudas es algo que tendríamos que colocar muy cerca de los medios de subsistencia.

Después de leer las publicaciones astronómicas de hace tres cuartos de siglo, he sentido la tentación irresistible de imaginar como será la reunión del 150º aniversario de la Sociedad Astronómica de América —o cualquiera que sea el nombre que haya adoptado por entonces— y de anticipar como será enjuiciado nuestro trabajo actual.

Al recorrer la literatura de finales del siglo xix nos hacen sonreír algunos de los debates en torno a las manchas solares y nos impresiona el hecho de que el efecto Zeeman no fuese considerado como una curiosidad de laboratorio sino como algo a lo que los astrónomos debían dedicar una considerable atención. Esas dos madejas se entremezclaron unos años más tarde con el descubrimiento, por parte de G. E. Hale, de campos magnéticos de gran intensidad en las manchas solares.

De la misma manera, encontramos innumerables artículos en los que se asume la existencia de una evolución estelar, aunque su naturaleza permaneciera desconocida, en la que la contracción gravitatoria de Kelvin-Helmholtz era la única posible fuente de energía considerada en las estrellas, siendo así que la energía nuclear quedaba por descubrir. Pero al mismo tiempo, y a veces en el mismo volumen de *Astrophysical Journal*, se hacen referencias al curioso trabajo sobre radiactividad que estaba llevando a cabo en Francia un científico llamado Becquerel. Nuevamente aparecen aquí dos madejas aparentemente

independientes que van creciendo durante esos años, y que están destinadas a entremezclarse cuarenta años más tarde.

Existen muchos otros ejemplos relacionados; por ejemplo, en la interpretación de series de espectros de elementos distintos del hidrógeno obtenidas con el telescopio y las búsquedas en el laboratorio. La nueva física y la nueva astronomía eran aspectos complementarios de una ciencia que estaba naciendo, la astrofísica.

En consecuencia, parece lógico pensar que muchos de los debates actuales más profundos —por ejemplo, sobre la naturaleza de los quásares, o las propiedades de los agujeros negros o la geometría de emisión de los púlsares— están abocados a entremezclarse con nuevos avances de la física. Si la experiencia de lo ocurrido hace setenta y cinco años puede servirnos de algo, hay poca gente en la actualidad que intuya mínimamente qué física ha de unirse a qué astronomía. Y unos años más tarde, esa conexión se considerará evidente.

En la literatura astronómica del siglo xix encontramos también una serie de casos en los que los métodos de observación o sus interpretaciones no tienen nada que ver con lo aceptado en la actualidad. Uno de los peores ejemplos es el de la deducción de períodos planetarios con diez cifras significativas a base de la comparación de dos dibujos realizados por personas distintas, dibujos de elementos que hoy sabemos que son irreales. Pero había muchos otros entre los que destaca una plétora de «mediciones de estrellas dobles» de objetos muy separados entre sí, básicamente estrellas no relacionadas desde un punto de vista físico; una fascinación por la presión y otros efectos sobre las frecuencias de las rayas espectrales, cuando nadie prestaba atención al análisis de las curvas de crecimiento; unos debates corrosivos sobre la presencia o ausencia de tal o cual sustancia sobre la base únicamente de la espectroscopia ocular.

También resulta curiosa la dispersión de la física en la astrofísica de finales de la época victoriana. Sólo se encuentra una física moderadamente elaborada en la óptica geométrica y física, en los procesos fotográficos y en la mecánica celeste. La elaboración de teorías de la evolución estelar basadas en los espectros estelares, sin gran preocupación por la dependencia de la excitación y la ionización respecto a la temperatura, o el intento de calcular la temperatura subsuperficial de la Luna sin resolver la ecuación de transporte del calor de Fourier, me parecen poco menos que fantásticos. Al ver las elaboradas representaciones empíricas de los espectros en el laboratorio, el lector moderno empieza a impacientarse por la llegada de Bohr, Schrödinger y sus sucesores, y por el desarrollo de la mecánica cuántica.

Me pregunto cuántos de nuestros debates actuales y de nuestras más encumbradas teorías aparecerán rotuladas, desde la perspectiva del año 2049, como observaciones falsas, potencias intelectuales indiferentes o conocimientos físicos inadecuados. Tengo la impresión de que en la actualidad somos más autocríticos de lo que lo eran los científicos en 1899; de que, debido al mayor número de astrónomos, comprobamos mutuamente nuestros resultados más a menudo; y de que, en parte debido a la existencia de organizaciones como la Sociedad Astronómica de América, los niveles de intercambio y discusión de los resultados se han elevado sustancialmente. Espero que nuestros colegas de 2049 estén de acuerdo con ello.

El adelanto más importante entre 1899 y 1974 es el tecnológico. Pero en 1899 ya se había construido el mayor refractor del mundo, que sigue siendo el mayor refractor del mundo. Ahora comienza a hablarse de un reflector de 100 pulgadas de apertura. Sólo hemos mejorado esa apertura en un factor dos en todos esos años. Pero, ¿qué hubiesen podido hacer nuestros colegas de 1899 —vivieron después de Hertz, pero antes de Marconi— con el Observatorio de Arecibo, o con la interferometría de separación muy amplia (VLBI)? ¿Saldar el debate sobre el período de rotación de Mercurio mediante espectroscopia de radar Doppler? ¿Comprobar la naturaleza de la superficie lunar trayendo alguna muestra a la Tierra? ¿Insistir en el problema de la naturaleza y la habitabilidad de Marte enviando un satélite orbital durante todo un año, capaz de enviar 7200 fotografías del planeta a la

Tierra, cada una de ellas de mejor calidad que las fotografías de la Luna realizadas en 1899? ¿Comprobar los modelos cosmológicos con espectroscopía ultravioleta orbital del deuterio interestelar, cuando ni los modelos a comprobar, ni la existencia del átomo que permite comprobarlos eran conocidos en 1899, ni mucho menos la técnica de observación?

Es claro que en los últimos setenta y cinco años la astronomía mundial han avanzado enormemente, incluso más allá de las especulaciones más románticas de los astrónomos victorianos. ¿Y en los próximos setenta y cinco años? Podemos apuntar algunas predicciones muy pedestres. Habremos examinado por completo el espectro electromagnético desde los rayos gamma muy cortos hasta las ondas de radio bastante largas. Habremos enviado vehículos no tripulados a todos los planetas y a la mayoría de los satélites del sistema solar. Habremos enviado algún vehículo espacial hacia el Sol para hacer cálculo estructural estelar experimental, empezando tal vez —debido a las bajas temperaturas— con las manchas solares. A Hale le hubiese gustado eso. Creo posible que dentro de setenta y cinco años hayamos lanzado algún vehículo espacial subrelativista hacia las estrellas próximas, vehículo capaz de desplazarse aproximadamente a una décima parte de la velocidad de la luz. Entre otras cosas, dichas misiones nos permitirán examinar directamente el medio interestelar y nos proporcionarán una separación mayor para la VLB I de la que podemos imaginar hoy. Tendremos que inventar alguna palabra que supere a muy, tal vez "ultra". La naturaleza de los púlsares, los cuántares y los agujeros negros será bien conocida por entonces, así como las respuestas a algunas de las preguntas cosmológicas más profundas. Incluso es posible que hayamos abierto algún canal regular de comunicación con civilizaciones de otros planetas y otras estrellas y que los últimos descubrimientos en astronomía, así como los de otras muchas ciencias, nos lleguen desde alguna especie de «Enciclopedia Galáctica» y nos sean transmitidos en flujos de información hasta una inmensa red de radiotelescopios.

Pero al leer la astronomía de hace setenta y cinco años, creo muy probable que, a excepción del contacto interestelar, estos avances, aun siendo muy interesantes, serán considerados propios de una astronomía de viejo estilo y que las fronteras reales y el interés principal de la ciencia se situarán en áreas que dependan de la nueva física y la nueva tecnología, que sólo podemos intuir vagamente en la actualidad.

## 22. LA BÚSQUEDA DE INTELIGENCIA EXTRATERRESTRE

Ahora las Sirenas disponen de un arma más mortífera que su canción: su silencio... Es posible que alguien haya escapado a su canto, pero a su silencio, nunca jamás.

FRANZ KAFKA, Parábolas

A lo largo de toda nuestra historia hemos examinado las estrellas y hemos cavilado sobre si la humanidad es única o si, en algún lugar del cielo oscuro, existen otros seres que contemplan y se maravillan como nosotros, compañeros de pensamiento en el cosmos. Estos seres pueden tener una visión muy distinta del universo y de sí mismos. En algún lugar pueden existir biología, o tecnologías, o sociedades, muy exóticas. En un universo cósmico, amplio y viejo, más allá de la comprensión humana ordinaria, estamos un poco solos; y nos preguntamos sobre el significado último, si es que existe, de nuestro diminuto, pero exquisito, planeta azul. La búsqueda de inteligencia extraterrestre es la búsqueda de un contexto cósmico aceptable en general para la especie humana. En su sentido más profundo, la búsqueda de inteligencia extraterrestre es una búsqueda de nosotros mismos.

En los últimos años —esa millonésima parte de la vida de nuestra especie en este planeta— hemos conseguido una herramienta tecnológica extraordinaria que nos permite buscar civilizaciones lejanas e inimaginables que no estén siquiera tan avanzadas como la nuestra. Esa herramienta se llama radioastronomía y cuenta con radiotelescopios individuales, series o redes de radiotelescopios, detectores de radio muy sensibles, computadoras muy avanzadas para el proceso de los datos recibidos y la imaginación y la pericia de científicos entregados a su *métier*. En la última década, la radioastronomía nos ha abierto una nueva puerta al universo físico. También podría, si somos lo suficientemente sensatos como para hacer el esfuerzo, proyectar una amplia luz sobre el universo biológico.

Algunos científicos que trabajan en el tema de la inteligencia extraterrestre (entre los que me cuento) han intentado dar una cifra del número de civilizaciones técnicas avanzadas —definidas operativamente como aquellas sociedades capaces de trabajar en radioastronomía— en la Vía Láctea. Esos cálculos son poco más que conjeturas, pues requieren asignar valores numéricos a magnitudes tales como el número y la edad de las estrellas, la abundancia de sistemas planetarios y la probabilidad del origen de la vida, de los que no sabemos nada con certeza, y la probabilidad de la evolución de vida inteligente y la duración de las civilizaciones técnicas, de las que ciertamente sabemos bien poco.

Cuando se hacen las operaciones, los números que suelen salir normalmente son de alrededor de un millón de civilizaciones técnicas. Un millón de civilizaciones técnicas es un número sorprendentemente elevado, y es estimulante imaginar la diversidad, los estilos de vida y de comercio de ese millón de mundos. Pero la galaxia de la Vía Láctea contiene 250 mil millones de estrellas y, aun con un millón de civilizaciones, menos de una estrella de cada 200.000 poseería un planeta habitado por una civilización avanzada. Como sabemos muy poco acerca del tipo de estrellas que puedan ser candidatas, habrá que examinar un gran número de ellas. Estas consideraciones sugieren que la búsqueda de inteligencia extraterrestre puede suponer un esfuerzo importante.

Pese a las numerosas pretensiones relativas a la existencia de antiguos astronautas y objetos volantes no identificados, no existe actualmente ninguna prueba contundente de visitas realizadas a la Tierra en el pasado por otras civilizaciones (ver capítulos 5 y 6). Nos vemos restringidos al campo de las señales remotas y la radio es, con mucho, la mejor de todas las técnicas de larga distancia de que dispone nuestra tecnología. Los radiotelescopios son relativamente baratos, las señales de radio se desplazan a la velocidad de la luz, más

deprisa que cualquier otra cosa; además, la utilización de la radio no es ninguna actividad corta de miras o antropocéntrica. La radio representa una parte muy amplia del espectro electromagnético y cualquier civilización técnica en cualquier lugar de la galaxia tiene que haber descubierto la radio antes de considerarse técnica, de la misma manera que en los últimos siglos hemos explorado todo el espectro electromagnético desde los rayos gamma cortos hasta las ondas de radio muy largas. Cabe perfectamente que otras civilizaciones avanzadas utilicen otros medios de comunicación con sus iguales. Pero si desean comunicarse con civilizaciones atrasadas o en formación, solo existen unos pocos métodos obvios y el principal es la radio.

El primer intento serio de escuchar posibles señales de radio procedentes de otras civilizaciones se llevó a cabo en el Observatorio Nacional de Radioastronomía de Greenbank, Virginia Occidental, entre 1959 y 1960. Fue organizado por Frank Drake, actualmente en la Universidad de Cornell, y se bautizó con el nombre de *Proyecto Ozma*, en honor de la princesa de la Tierra de Oz, un lugar muy exótico, muy alejado y de muy difícil acceso. Drake examinó dos estrellas cercanas, *Epsilon Eridani* y *Tau Ceti*, a lo largo de varias semanas, sin obtener resultados positivos. Hubiese sido sorprendente de haberse producido éstos, pues, como hemos visto, las estimaciones más optimistas del número de civilizaciones técnicas en la Galaxia requieren el examen de varios centenares de miles de estrellas para lograr el éxito con una selección estelar al azar.

Desde el Proyecto Ozma, ha habido seis u ocho programás de ese estilo, todos ellos muy modestos, en los Estados Unidos, Canadá y la Unión Soviética. Todos los resultados han sido negativos. El número total de estrellas individuales examinadas de esa forma hasta el momento no supera el millar. Hemos realizado algo así como una décima parte del uno por ciento del esfuerzo requerido.

Sin embargo, existen algunos indicios de que en un futuro relativamente próximo pueden llevarse a cabo esfuerzos más serios. Hasta ahora, todos los programás de observación han utilizado cantidades de tiempo muy pequeñas con grandes telescopios y, cuando la observación ha durado mucho tiempo, sólo han podido utilizarse radiotelescopios muy pequeños. Un amplio examen del problema fue hecho recientemente por una comisión de la NASA presidida por Philip Morrison, del *Massachusetts Institute of Technology*. La comisión señaló una gran diversidad de opciones, incluyendo nuevos (y caros) radiotelescopios gigantes con base en tierra y espaciales. También señaló que podrían alcanzarse avances importantes con un coste moderado a base de desarrollar receptores de radio más sensibles y sistemás de proceso de datos por computadoras más ingeniosos. En la Unión Soviética existe una comisión estatal dedicada a coordinar la búsqueda de inteligencia extraterrestre y el gran radiotelescopio RATAN-600 recién instalado en el Cáucaso se dedica en parte a ese empeño. Paralelamente a los recientes y espectaculares progresos en tecnología de radio, se ha producido un tremendo incremento en la respetabilidad científica y pública de todo el tema de la vida extraterrestre. Un claro exponente de esa nueva actitud lo constituyen las misiones *Viking* a Marte, que en una buena parte están orientadas a la búsqueda de vida en el planeta.

Pero junto a esa naciente dedicación a una investigación seria, ha aparecido una nota ligeramente negativa que resulta empero muy interesante. Varios científicos han planteado últimamente una curiosa pregunta. Si la inteligencia extraterrestre abunda, ¿por qué no hemos visto todavía ninguna de sus manifestaciones? Pensemos en los progresos realizados por nuestra civilización tecnológica en los últimos diez mil años e imaginemos que dichos avances prosiguiesen durante millones o miles de millones de años más. Si tan sólo una pequeñísima fracción de las civilizaciones tecnológicas está millones o miles de millones de años más avanzada que nosotros, ¿por qué no han producido artefactos, instrumentos o hasta polución industrial de tal magnitud que hayan podido ser detectados por nosotros? ¿Por que no han reestructurado toda la Galaxia a su conveniencia?

Los escépticos también se preguntan por qué no existen claras muestras de visitas extraterrestres a la Tierra. Ya hemos lanzado algunos vehículos interestelares, lentos y modestos. Una sociedad más avanzada que la nuestra debe ser capaz de surcar los



espacios entre las estrellas de forma adecuada, o hasta sin esfuerzo. Durante millones de años, dichas sociedades habrán establecido colonias, las cuales, a su vez, habrán lanzado al espacio expediciones interestelares. ¿Por qué no están aquí? Se tiene la tentación de decir que sólo existen unas cuantas civilizaciones extraterrestres; ya sea porque estadísticamente somos una de las primeras civilizaciones técnicas en haber surgido, ya fuere porque el destino de todas esas civilizaciones es el de autodestruirse antes de progresar más de lo que lo hemos hecho nosotros.

Me parece que esa desesperación es algo prematura. Todos esos argumentos dependen de una conjetura correcta por nuestra parte acerca de las intenciones de seres mucho más avanzados que nosotros, y, vistos más de cerca estos argumentos, en mi opinión ponen de manifiesto aspectos interesantes de la presunción humana. ¿Por qué es de esperar que nos será fácil reconocer las manifestaciones de civilizaciones muy avanzadas? Se parece nuestra situación a la de los miembros de una comunidad amazónica aislada que carece de los medios para detectar el intenso tráfico internacional de radio y televisión que les rodea. Además, existe una amplia gama de fenómenos astronómicos que no comprendemos totalmente. ¿Puede ser de origen tecnológico la modulación de los púlsares o la fuente de energía de los quásares, por ejemplo? O tal vez existe en la Galaxia una cierta ética de no-interferencia con civilizaciones atrasadas o en nacimiento. Tal vez exista un tiempo de espera antes de que se considere oportuno tomar contacto, en orden a proporcionarnos una buena oportunidad de autodestruirnos, si a eso vamos. Tal vez todas las civilizaciones considerablemente más avanzadas que la nuestra han alcanzado una inmortalidad personal efectiva y han perdido la motivación para vagar por los espacios interestelares, lo cual puede ser una necesidad típica de las civilizaciones adolescentes. Tal vez las civilizaciones maduras no desean polucionar el cosmos. Podría darse una lista muy larga de «tal vez», pero no estamos en condiciones de evaluar más que algunos de ellos con un cierto grado de seguridad.

La cuestión de las civilizaciones extraterrestres está totalmente abierta. Personalmente, creo que es mucho más difícil comprender un universo en el que seamos la única civilización tecnológica, o una de las pocas, que concebir un cosmos rebosante de vida inteligente. Afortunadamente, muchos aspectos del problema pueden verificarse experimentalmente. Podemos buscar planetas alrededor de otras estrellas, podemos escudriñar formas simples de vida en planetas cercanos como Marte, y realizar en el laboratorio estudios más profundos acerca de la química del origen de la vida. Podemos investigar con mayor intensidad la evolución de los organismos y las sociedades. El problema requiere una investigación a largo plazo, de amplias miras, sistemática, cuyo único árbitro de lo que es posible o no sea la naturaleza.

Si existe un millón de civilizaciones técnicas en la Vía Láctea, la separación media entre las civilizaciones es unos 300 años luz. Como un año luz es la distancia que recorre la luz en un año (un poco menos de 6 millones de millones de millas), entonces el tiempo que tarda en una sola dirección una comunicación interestelar con la civilización más próxima es de 300 años. El tiempo necesario para formular una pregunta y recibir la respuesta sería de 600 años. Esa es la razón por la cual los diálogos interestelares son mucho menos posibles que los monólogos interestelares, especialmente en la época del primer contacto. A primera vista, puede parecer totalmente inútil que una civilización envíe mensajes de radio sin la esperanza de saber, al menos en un futuro inmediato, si alguien ha recibido el mensaje y cual será la respuesta; pero los seres humanos a veces realizamos acciones de ese estilo como, por ejemplo, enterrar cápsulas de tiempo para que las recuperen las generaciones futuras, o incluso escribir libros, componer música y crear arte para la posteridad. Una civilización que haya recibido ayuda mediante la recepción de un mensaje exterior en el pasado puede desear ayudar a otras sociedades técnicas en formación.

Para que un programa de búsqueda por radio tenga éxito es preciso que la Tierra se encuentre entre los presuntos beneficiarios. Aunque la civilización transmisora estuviera poco más avanzada que la nuestra, dispondría de una gran potencia de radio para la comunicación interestelar; tal vez tan grande que la emisión podría ser efectuada por grupos relativamente pequeños de aficionados a la radio y de partidarios de las

civilizaciones primitivas. Si todo un gobierno planetario o una alianza de mundos llevasen a cabo el proyecto, la emisión podría alcanzar un número muy grande de estrellas, tan grande que sería posible que uno de los mensajes fuese radiado en nuestra dirección, aun cuando no hubiese ninguna razón para prestar atención a nuestro particular rincón del cielo.

Es fácil ver que la comunicación es posible aun sin un acuerdo o contacto previo entre las civilizaciones transmisora y receptora. No presenta ninguna dificultad saber con certeza si un mensaje de radio interestelar procede de una fuente inteligente. Una señal modulada (bip, bip-bip, bip-bip-bip...) con los números 1, 2, 3, 5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31 —los doce primeros números primos— solo puede tener un origen biológico. Para que esto resulte claro, no se necesita ningún acuerdo previo entre las civilizaciones, ni ninguna prevención ante un posible chauvinismo terrestre.

Un mensaje de esas características sería una señal de anuncio o guía indicando la presencia de una civilización avanzada, pero informaría muy poco sobre su propia naturaleza. La señal guía también podría poner de relieve una frecuencia determinada en la que encontrar el mensaje principal, o podría indicar que el mensaje principal habría de requerir un tiempo de resolución mayor a la frecuencia de la señal guía. La comunicación de información bastante compleja no resulta muy difícil, incluso para civilizaciones con biología y comportamientos sociales extraordinariamente distintos. Se pueden enviar proposiciones aritméticas, algunas verdaderas y algunas falsas, cada una de ellas seguida de una palabra codificada adecuada (con rayas y puntos, por ejemplo), para transmitir las ideas de verdadero y falso, conceptos de los que mucha gente puede pensar que serían extremadamente difíciles de transmitir en ese contexto.

Pero el método más prometedor es el de enviar imágenes. Un mensaje repetido que sea el producto de dos números primos será identificado claramente como una disposición bidimensional, es decir, una imagen. El producto de tres números primos puede constituir una imagen tridimensional o el marco de una imagen móvil bidimensional. A modo de ejemplo de mensaje, imaginemos una disposición de ceros y unos que podrían ser bips largos o cortos, o tonos de dos frecuencias adyacentes, o tonos de amplitudes distintas, o incluso señales con polarizaciones de radio distintas. En 1974 se envió al espacio un mensaje desde la antena de 305 metros del Observatorio de Arecibo, en Puerto Rico, que utiliza la Universidad Cornell en nombre de la *National Science Foundation*. El motivo era una ceremonia que celebraba el acondicionamiento de la superficie del plato de Arecibo, el mayor radio/radar telescopio del planeta Tierra. La señal se envió a una serie de estrellas llamadas M13, un cúmulo globular que cuenta con un millón de soles y que se encontraba en el cenit en la época de la ceremonia. Como M13 está a 24000 años luz de distancia, el mensaje tardará 24000 años en llegar allí. Si alguna criatura responsable se encuentra a la escucha, pasarán 48000 años antes de que recibamos una respuesta. El mensaje de Arecibo no pretendía ser un intento serio de comunicación interestelar, sino más bien una indicación de los notables adelantos en el terreno de la tecnología de la Tierra.

El mensaje codificado decía algo así: *«Así es como contamos del uno al diez. Estos son los números atómicos de cinco elementos —hidrógeno, carbono, nitrógeno, oxígeno y fósforo— que consideramos interesantes o importantes. Estas son algunas formas de juntar los átomos: las moléculas adenina, timina, guanina y citosina y una cadena compuesta por azúcares y fosfatos alternados. Estos bloques moleculares pueden juntarse a su vez formando una larga molécula de ADN cuya cadena cuenta con unos cuatro mil millones de enlaces. La molécula es una doble hélice. De alguna manera, esa molécula es importante para la criatura de aspecto tosco del centro del mensaje. Esa criatura mide 14 longitudes de onda, o unos 176 cm de altura. Existen unos cuatro mil millones de esas criaturas en el tercer planeta de nuestra estrella. Hay nueve planetas en total —cuatro pequeños en el interior, cuatro grandes hacia el exterior y uno pequeño en el borde. Este mensaje les es radiado desde un radiotelescopio de 2430 longitudes de onda, o 306 metros de diámetro. Sinceramente suyos».*

Con muchos mensajes pictóricos de este estilo, cada uno de ellos coherente con los demás, y corroborándolos, es muy posible establecer una comunicación interestelar por radio casi

sin ambigüedades entre dos civilizaciones que nunca se han encontrado. Nuestro objetivo inmediato no es el de enviar dichos mensajes porque somos muy jóvenes y atrasados; deseamos escuchar.

La detección de señales de radio inteligentes procedentes de las profundidades del espacio nos acercaría de manera rigurosa, desde el punto de vista experimental y científico, a las preguntas más profundas que han preocupado a los científicos y filósofos desde los tiempos prehistóricos. Una señal de esas indicaría que el origen de la vida no es un acontecimiento extraordinario, difícil o improbable. Significaría que, con miles de millones de años de selección natural, las formas sencillas de vida evolucionan normalmente hacia formas complejas e inteligentes, como ha ocurrido en la Tierra y que esas formas inteligentes son capaces de producir una tecnología avanzada, como ha ocurrido aquí. Pero es poco probable que las transmisiones que recibamos procedan de una sociedad que se encuentre al mismo nivel tecnológico que nosotros. Una sociedad sólo un poco más atrasada que la nuestra no dispondrá de la radioastronomía. Lo más probable es que el mensaje provenga de alguna civilización muy adelantada en nuestro futuro tecnológico. Así, antes incluso de descifrar el mensaje, habremos sacado una valiosa enseñanza: la de que es posible evitar los peligros del período en que estamos viviendo.

Hay gente que al considerar los problemas generales de la Tierra —nuestros serios antagonismos nacionales, nuestros arsenales nucleares, nuestra población creciente, la disparidad entre los pobres y los opulentos, la escasez de alimentos y recursos y nuestras muy inconscientes alteraciones del medio ambiente— deduce que vivimos en un sistema que se ha hecho inestable de repente, un sistema destinado a entrar en colapso dentro de poco. Otros creen que nuestros problemas pueden resolverse, que la humanidad está todavía en su infancia, que pronto empezaremos a crecer. Bastaría con la recepción de un mensaje procedente del espacio para demostrar que es posible sobrevivir a esta adolescencia tecnológica, dado que la civilización transmisora ha sobrevivido. A mi entender, vale la pena pagar un gran precio por ese conocimiento.

Otra posible consecuencia de un mensaje interestelar sería la de fortalecer los lazos entre todos los seres humanos y los demás seres de nuestro planeta. La lección segura de la evolución es la de que los organismos de cualquier lugar deben tener caminos evolutivos separados; que su química y su biología, y muy posiblemente sus organizaciones sociales, pueden ser profundamente distintos a cualquier otra cosa de la Tierra. Podremos ser capaces de comunicarnos con ellos porque compartimos un universo común, desde que las leyes de la física y de la química y las regularidades de la astronomía son universales, pero siempre pueden ser distintos en el sentido más profundo. Y ante esa diferencia, pueden debilitarse los enfrentamientos que dividen a los pueblos de la Tierra. Las diferencias entre los humanos de distintas razas y nacionalidades, religiones y sexos, posiblemente sean insignificantes comparadas con las diferencias entre nosotros y los seres extraterrestres inteligentes.

Si el mensaje llegara por radio, tanto la civilización emisora como la receptora tendrán en común por lo menos el conocimiento de la física de la radio. Esa confluencia en las ciencias físicas es la razón por la que muchos científicos esperan poder descifrar los mensajes procedentes de civilizaciones extraterrestres. Requerirá un proceso lento y plagado de dificultades, pero en el resultado no cabrán ambigüedades. Nadie puede aventurarse a predecir con detalle cuáles serán las consecuencias de descifrar ese mensaje, porque tampoco nadie puede aventurarse a decir de antemano cuál será la naturaleza del mensaje. Como lo más probable es que la transmisión proceda de una civilización mucho más avanzada que la nuestra, aparecerán conocimientos sorprendentes en el terreno de la física, la biología y las ciencias sociales, desde la perspectiva de una clase muy distinta de inteligencia. Pero descifrar el mensaje nos tomará años o décadas.

Algunos han expresado su preocupación en el sentido de que un mensaje procedente de una sociedad avanzada puede hacernos perder la fe en nosotros mismos, puede despojarnos de la iniciativa de llevar a cabo nuevos descubrimientos, si da la impresión de que otros ya han hecho esos descubrimientos; incluso puede tener consecuencias

negativas. Pero es algo así como si un estudiante abandonase la escuela porque descubre que sus maestros y sus libros de texto saben más que él. Somos libres de ignorar un mensaje interestelar si nos parece ofensivo. Si preferimos no responder, la civilización transmisora no podrá saber que el mensaje fue recibido y comprendido en un diminuto planeta llamado Tierra. La traducción de un mensaje procedente de las profundidades del espacio, sobre el que podemos ser tan lentos y precavidos como queramos, parece plantear pocos peligros a la humanidad; en cambio, aporta la gran promesa de sus ventajas prácticas y filosóficas.

En particular, es posible que entre los primeros contenidos de ese tipo de mensajes figuren descripciones detalladas de la forma de evitar un desastre tecnológico, en el paso de la adolescencia a la madurez. Tal vez las transmisiones desde civilizaciones avanzadas describan los caminos de la evolución cultural que conduce a la estabilidad y longevidad de una especie inteligente y también los que llevan a la paralización, a la degeneración o al desastre. Como es evidente, no hay ninguna garantía de que ese sea el contenido de un mensaje interestelar, pero sería temerario descartar la posibilidad. Tal vez existan soluciones, todavía no encontradas en la Tierra, que resuelvan la escasez de alimentos, el crecimiento de la población, el suministro de energía, la disminución de los recursos, la polución y la guerra.

Así como es seguro que habrá diferencias entre las civilizaciones, también pueden darse leyes de desarrollo de las civilizaciones que sólo puedan intuirse cuando podamos disponer de información sobre la evolución de varias de esas civilizaciones. Dado nuestro aislamiento del resto del cosmos, sólo disponemos de información acerca de la evolución de *una* civilización: la nuestra. Y el aspecto más importante de la evolución —el futuro— sigue siendo inalcanzable para nosotros. Tal vez no sea probable, pero sí es posible que el futuro de la civilización humana dependa de la recepción y descifrado de mensajes interestelares procedentes de civilizaciones extraterrestres.

¿Qué ocurriría si después de dedicarnos mucho tiempo a la búsqueda de inteligencia extraterrestre, no consiguiésemos ningún resultado? Incluso entonces podremos decir con seguridad que no hemos estado perdiendo el tiempo. Habremos puesto a punto una tecnología importante, capaz de producir aplicaciones en otros campos de nuestra civilización. Habremos contribuido en gran manera al conocimiento del universo físico. Y habremos calibrado algo de la importancia y la unicidad de nuestra especie, nuestra civilización y nuestro planeta. Pues si la vida inteligente es escasa o inexistente en otros lugares, habremos aprendido algo significativo acerca de la rareza y el valor de nuestra cultura y nuestro patrimonio biológico, afanosamente surgidos tras una sinuosa historia evolutiva de 4.600 millones de años. Ese descubrimiento dará énfasis a nuestras responsabilidades ante los peligros que acechan nuestro tiempo, porque la explicación más plausible de los resultados negativos de esa búsqueda es la de que las sociedades, por lo general, se destruyen a sí mismas antes de alcanzar un grado de inteligencia suficiente como para crear un potente servicio de transmisión por radio. Es un aspecto interesante el de que la organización de la búsqueda de mensajes radio interestelares, al margen de cual sea el resultado, pueda suponer una influencia constructiva para el conjunto de la humanidad.

Pero no conoceremos los resultados de esa búsqueda, y menos todavía el contenido de los mensajes procedentes de otras civilizaciones, si no realizamos un serio esfuerzo por escuchar las señales. Puede resultar que las civilizaciones se clasifiquen en dos grandes categorías: las que hacen ese esfuerzo, logran entrar en contacto con otras y se convierten en nuevos miembros de una federación poco vinculante de comunidades galácticas; y las que no pueden, o prefieren no hacer ese esfuerzo, o carecen de la imaginación para intentarlo y, al poco tiempo, van destruyéndose y desaparecen.

Es difícil pensar en cualquier otra empresa, a nuestro alcance y a un costo relativamente moderado, que encierre una promesa tan grande como ésta para el futuro de la humanidad.



## Quinta Parte: CUESTIONES PROSTERAS

### 23. EL SERMÓN DOMINICAL

En la cuna de toda ciencia yacen teólogos extinguidos, como las serpientes estranguladas junto a la cuna de Hércules.

T. H. HUXLEY (1860)

Hemos visto el círculo superior de la espiral de poderes. Hemos llamado Dios a ese círculo. Le hubiésemos podido dar cualquier otro nombre: Abismo, Misterio, Oscuridad absoluta, Luz absoluta, Materia, Espíritu, Esperanza última, Silencio.

NIKOS KAZANTZAKIS (1948)

En estos días suelo dar conferencias científicas ante audiencias populares. En algunas ocasiones me preguntan sobre la exploración planetaria y la naturaleza de los planetas; en otras, sobre el origen de la vida y la inteligencia en la Tierra; en otras todavía, sobre la búsqueda de vida en cualquier lugar; y otras veces, sobre la gran perspectiva cosmológica. Como esas conferencias ya las conozco por ser yo quien las doy, lo que más me interesa en ellas son las preguntas. Las más habituales son relativas a objetos volantes no identificados y a los astronautas en el principio de la historia, preguntas que en mi opinión son interrogantes religiosos disfrazados. Son igualmente habituales, especialmente después de una conferencia en la que hablo de la evolución de la vida o de la inteligencia, las preguntas del tipo: «¿Cree usted en Dios?». Como la palabra *Dios* significa cosas distintas para distintas personas, normalmente pregunto qué entiende mi interlocutor por «Dios». Sorprendentemente, la respuesta es a veces enigmática o inesperada: «¡Oh! Ya sabe Vd., Dios. Todo el mundo sabe quien es Dios», o bien, «Pues una fuerza superior a nosotros y que existe en todos los puntos del universo». Hay muchas fuerzas de ese tipo, contesto. Una de ellas se llama *gravedad*, pero no es frecuente identificarla con Dios. Y no todo el mundo sabe a lo que se hace referencia al decir Dios. El concepto cubre una amplia gama de ideas. Alguna gente piensa en Dios imaginándose un hombre anciano, de grandes dimensiones, con una larga barba blanca, sentado en un trono en algún lugar ahí arriba en el cielo, llevando afanosamente la cuenta de la muerte de cada gorrión. Otros —por ejemplo, Baruch Spinoza y Albert Einstein— consideraban que Dios es básicamente la suma total de las leyes físicas que describen al universo. No sé de ningún indicio de peso en favor de algún patriarca capaz de controlar el destino humano desde algún lugar privilegiado oculto en el cielo, pero sería estúpido negar la existencia de las leyes físicas. Creer o no creer en Dios depende en mucho de lo que se entienda por Dios.

A lo largo de la historia, ha habido posiblemente miles de religiones distintas. Hay también una piadosa creencia bien intencionada, según la cual todas son fundamentalmente idénticas. Desde el punto de vista de una resonancia psicológica subyacente, puede haber efectivamente importantes semejanzas en los núcleos de muchas religiones, pero en cuanto a los detalles de la liturgia y de la doctrina, y en las apologías consideradas autenticantes, la diversidad de las religiones organizadas resulta sorprendente. Las religiones humanas son mutuamente excluyentes en cuestiones tan fundamentales como: un dios o muchos, el origen del mal, la reencarnación, la idolatría, la magia y la brujería; el papel de la mujer, las proscipciones dietéticas, los ritos mortuorios, la liturgia del sacrificio, el acceso directo o indirecto a los dioses, la esclavitud, la intolerancia con otras religiones y la comunidad de seres a los que se debe una consideración ética especial. Si despreciamos esas diferencias,

no prestamos ningún servicio a la religión en general, ni a ninguna doctrina en particular. Creo que deberíamos comprender los puntos de vista de los que hacen las distintas religiones e intentar comprender que las necesidades humanas quedan colmadas con esas diferencias.

Bertrand Russell fue arrestado en una ocasión por protestar pacíficamente en ocasión del ingreso de Gran Bretaña en la Primera Guerra Mundial. El funcionario de la prisión preguntó a Russell cual era su religión, lo que era una pregunta rutinaria por aquel entonces en todos los ingresos. Russell respondió «*Agnóstico*» y tuvo que deletrearle la palabra. El funcionario sonrió afablemente, movió la cabeza y dijo: «*Hay muchas religiones distintas, pero supongo que todos adoramos al mismo Dios*». Russell comentó que esa observación le mantuvo alegre durante semanas. Y no debía haber muchas cosas que lo alegraran en la cárcel, aunque consiguió escribir toda la *Introducción a la filosofía matemática* y empezó a leer para su trabajo *El análisis de la mente*, todo ello dentro de sus limitaciones.

Muchas de las personas que me preguntan por mis creencias lo que en realidad quieren es confirmar si su sistema de creencias particular es coherente con el conocimiento científico moderno. La religión ha salido dañada de su confrontación con la ciencia, y mucha gente — pero no todo el mundo— se muestra reacia a aceptar un cuerpo de creencias teológicas que entre en conflicto frontal con lo que conocemos. Cuando el *Apollo 8* cumplía la primera navegación tripulada alrededor de la Luna, en un gesto más o menos espontáneo los astronautas a bordo leyeron el primer versículo del Génesis en un intento, a mi criterio, de tranquilizar a los contribuyentes norteamericanos en cuanto a que no existía incoherencia entre las consideraciones religiosas tradicionales y un vuelo tripulado a la Luna. Los musulmanes ortodoxos, por su parte, se sintieron ultrajados por los astronautas del *Apollo 11*, ya que para el Islam la Luna posee un significado especial y sagrado. Después del primer vuelo orbital de Yuri Gagarin, y en un contexto religioso muy distinto, Nikita Krushev, presidente del Consejo de Ministros de la URSS, afirmó que Gagarin no había encontrado *ni dioses ni ángeles allá arriba*; es decir, Krushev tranquilizó a su "feligresía" en el sentido de que el vuelo orbital tripulado no entraba en contradicción con sus creencias.

En los 50 una revista técnica soviética llamada *Vo-prosy Filosofii* (Problemas de Filosofía) publicó un artículo que sostenía —muy poco convincentemente, a mi criterio— que el materialismo dialéctico exigía la existencia de vida en todos los planetas. Algo más tarde, apareció una triste refutación oficial en la que se marcaban las distancias entre el materialismo dialéctico y la exobiología. Una predicción clara en un área que está siendo estudiada a fondo permite que las doctrinas sean objeto de refutaciones. La situación en la que menos desea encontrarse una religión burocrática es la de la vulnerabilidad ante la refutación, es decir, que pueda llevarse a cabo una experiencia en la que la religión pueda tambalearse. Así, el hecho de que no se haya encontrado vida en la Luna no ha modificado en nada las bases del materialismo dialéctico. Las doctrinas que no hacen predicciones son menos consistentes que las que hacen predicciones correctas; éstas a su vez tienen más éxito que las doctrinas que hacen predicciones falsas.

Pero no siempre. Una prominente religión norteamericana predicaba resueltamente que el mundo finalizaría en 1914. Ahora bien, 1914 ha llegado y se ha ido y, aun a pesar de que los acontecimientos de ese año fueron verdaderamente importantes, el mundo no parece haberse acabado. Son tres las respuestas que pueden ofrecer los seguidores de una religión organizada ante un fracaso profético tan notorio como ése. Podrían haber dicho: «*¿Dijimos 1914? Lo sentimos, queríamos decir 2014. Un pequeño error de cálculo; esperamos que no les haya causado ningún perjuicio*». Pero no lo hicieron. Podrían haber dicho: «*El mundo se habría acabado en 1914, pero rogamos tan intensamente e intercedimos tanto ante el Señor, que eso evitó el fin de la Tierra*». Pero tampoco lo hicieron. En lugar de ello, hicieron algo más ingenioso. Anunciaron que el mundo se había acabado realmente en 1914 y que si los demás no nos habíamos dado cuenta, ese era nuestro problema. Ante tamañas evasivas resulta sorprendente que esa religión tenga todavía adeptos, pero las religiones son duras

de roer. O bien no hacen ninguna propuesta que pueda refutarse, o bien revisan rápidamente la doctrina después de una refutación. El hecho de que las religiones sean tan descaradamente deshonestas, tan despreciativas de la inteligencia de sus adeptos y de que a pesar de ello todavía florezcan no dice nada bueno en favor del vigor mental de sus creyentes. Pero también pone de manifiesto, como si ello necesitase una demostración, que cerca del núcleo de la experiencia religiosa existe algo que se resiste a la racionalidad.

Andrew Dickson White fue la fuerza intelectual motora, el fundador y el primer presidente de la Universidad Cornell. Fue también uno de los autores de un libro extraordinario titulado *The Warfare of Science with Theology in Christendom*, que levantó un gran escándalo en la época de su publicación, hasta el punto de que el coautor solicitó que su nombre fuese omitido. White era un hombre de sólido sentimiento religioso.(\*). Pero escribió sobre la larga y penosa historia de las erróneas posiciones que las religiones habían sostenido acerca de la naturaleza del mundo, y de cómo fueron perseguidos aquellos que investigaron y descubrieron que era distinta a los postulados doctrinales, y cómo sus ideas fueron suprimidas. El viejo Galileo fue amenazado por la jerarquía católica con ser torturado por el hecho de proclamar que la Tierra se movía. Spinoza fue excomulgado por la jerarquía judía. En realidad, difícilmente se encontrará alguna religión organizada, con un amplio cuerpo de doctrina, que no se haya erigido en perseguidora, en algún momento, del *delito* de investigar abiertamente. La misma devoción de Cornell por la investigación libre y no sectaria fue considerada tan objetable en el último cuarto del siglo xix que los sacerdotes recomendaban a los graduados de la escuela secundaria que era preferible no recibir educación universitaria antes que matricularse en una institución tan impía. De hecho la capilla Sage fue construida para apaciguar a los píos, aunque es una satisfacción decir que, de vez en cuando, se han realizado serios esfuerzos en favor de un ecumenismo abierto..

--

(\*) White habría sido también el responsable de la ejemplar costumbre de no otorgar grados de *doctor honoris causa* por la Universidad de Cornell; le preocupaba un abuso potencial: la posibilidad de que esos grados honoríficos fuesen intercambiados por legados o donativos económicos. White era un hombre de convicciones éticas profundas y valientes.

--

Muchas de las controversias descritas por White son discusiones sobre los orígenes. Se solía pensar que hasta el más trivial acontecimiento del mundo —la eclosión de una flor, por ejemplo— se debía a una microintervención directa de la Deidad. La flor era incapaz de abrirse por sí sola; Dios tenía que decir: «¡Eh, flor, ábrete!». Al aplicar esta idea a los asuntos del hombre, las consecuencias sociales han sido a menudo muy variables. Por un lado, pareciera indicar que no somos responsables de nuestras acciones. Si la representación teatral que es el mundo está producida y dirigida por un Dios omnipotente y omnisciente, ¿no puede deducirse acaso que cualquier mal que se produzca es una acción de Dios? Me consta que esta idea resulta embarazosa para Occidente; los intentos por evitarla pretenden que lo que parece ser obra del demonio en realidad forma parte del Plan Divino, demasiado complejo para que podamos comprenderlo en toda su extensión; o que Dios prefirió ocultar su propia visión de la causalidad cuando se dispuso a hacer el mundo. No hay nada totalmente imposible en esos intentos filosóficos de rescate, pero parecen tener un fuerte carácter de apuntalamiento de una estructura ontológica tambaleante.(\*). Además, la idea de una microintervención en los asuntos del mundo ha sido utilizada para prestar apoyo al *statu quo* social, político y económico. Por ejemplo, estaba la idea del «Derecho Divino de los Reyes», que fue teorizada por filósofos como Thomas Hobbes. Si alguien tenía pensamientos revolucionarios con respecto a Jorge III, por poner un ejemplo, entonces era condenado por los delitos religiosos de blasfemia e impiedad, así como por otros delitos políticos más vulgares, como la traición.

---



(\*)Los teólogos han hecho muchas afirmaciones sobre Dios en materias que hoy nos parecen, como poco, engañosas. Tomás de Aquino pretendía demostrar que Dios no puede crear otro Dios, o suicidarse, o fabricar un hombre sin alma, o incluso fabricar un triángulo cuyos ángulos interiores no sumen 180 grados. Pero Bolyai y Lobachevsky fueron capaces de hacer esto último (sobre una superficie curva) en el siglo XIX y ni siquiera se acercaban a ser dioses. Curioso concepto éste, el de un Dios omnipotente con una larga lista de cosas que le está prohibido hacer por mandato de los teólogos...

---

Hay muchos debates científicos legítimos relacionados con orígenes y finales. ¿Cuál es el origen de la especie humana? ¿De dónde vienen las plantas y los animales? ¿Cómo surgió la vida? ¿Y la Tierra y los planetas, el Sol y las estrellas? ¿Tiene origen el Universo y, en ese caso, cuál? Y también una pregunta más fundamental y poco frecuente, de la que muchos científicos opinan que carece de sentido por no poderse comprobar: ¿Por qué las leyes de la Naturaleza son como son? La idea de que es necesario un Dios (o varios) para producir esos orígenes ha sido atacada en repetidas ocasiones en los últimos mil años. Gracias a nuestros conocimientos acerca del fototropismo y de las hormonas vegetales, podemos explicar hoy la eclosión la flor sin recurrir a una microintervención divina. Lo mismo pasa con la causalidad en el origen de las cosas. A medida que vamos comprendiendo mejor el universo, van quedando menos cosas para Dios. La visión que tenía Aristóteles de Dios era la de un ser capaz de producir el primer movimiento sin moverse, un *roi faineant*, un rey perezoso que crea primero el universo y se sienta luego para observar cómo van tejiéndose las intrincadas y entremezcladas cadenas de la causalidad a lo largo de los tiempos. Pero esa idea parece abstracta y alejada de la experiencia cotidiana. Es un tanto perturbadora y aviva la vanidad humana.

Los seres humanos parecen tener una aversión natural hacia la progresión infinita de las causas, y ese desagrado es precisamente el fundamento de las demostraciones más famosas y más efectivas de la existencia de Dios, formuladas por Aristóteles y Tomás de Aquino. Pero esos pensadores vivieron mucho antes de que las series infinitas se convirtiesen en un lugar común de las matemáticas. Si en la Grecia del siglo v a. J.C. se hubiese inventado el cálculo diferencial e integral o la aritmética transfinita, y no hubiesen sido desestimados posteriormente, la historia de la religión en Occidente hubiese podido ser muy distinta, o por lo menos no hubiera existido la pretensión de que la doctrina teológica puede demostrarse mediante argumentos racionales a quienes rechazan la revelación divina, como intentó Tomás de Aquino en su *Summa Contra Gentiles*.

Cuando Newton explicó el movimiento de los planetas recurriendo a la teoría de la gravitación universal, dejó de necesitarse que los ángeles empujasen los planetas. Cuando Pierre Simon, marqués de Laplace, propuso explicar el origen del sistema solar —aunque no el origen de la materia— también mediante leyes físicas, la necesidad de un dios para los orígenes de las cosas empezó a ser profundamente cuestionada. Se cuenta que Laplace presentó una edición de su trabajo matemático *Mecanique céleste* a Napoleón, a bordo del barco que a través del Mediterráneo los llevaba a Egipto en su famosa expedición de 1798. Unos días más tarde, siempre según la misma versión, Napoleón se quejó a Laplace de que en el texto no apareciese ninguna referencia a Dios.(\*). La respuesta fue: «Señor, no necesito esa hipótesis». La idea de que Dios es una hipótesis en lugar de una verdad evidente es una idea moderna en Occidente, aunque ya fue discutida seria y torcidamente por los filósofos jónicos hace unos 2.400 años.

--

(\*)Resulta encantadora la idea de que Napoleón se pasase realmente unos cuantos días a bordo repasando un texto de matemáticas avanzadas como *Mecanique céleste*. Se interesaba verdaderamente por la ciencia e hizo un intento serio por conocer los últimos descubrimientos (ver *The Society of Arcueil: A view of French Science at the Time of Napoleon I*, de Maurice de Laplace; Crosland, Cambridge, Harvard University Press, 1967). Napoleón no tuvo la intención de leer toda la *Mecanique céleste* y escribió a Laplace en otra

ocasión: «Los primeros seis meses que pueda, los dedicaré a leerlo». Pero también hizo la siguiente observación, con motivo de otro libro de Laplace: «Sus libros contribuyen a la gloria de la nación. El progreso y la perfección de las matemáticas están íntimamente ligados a la prosperidad del estado».

--

Normalmente se cree que al menos el origen del universo necesita de un Dios, según la idea aristotélica.(\*). Vale la pena detenemos un poco más sobre este punto. En primer lugar, es perfectamente posible que el universo sea infinitamente viejo, eterno, y por tanto no requiera ningún Creador. Esta idea concuerda con nuestros conocimientos cosmológicos actuales, los que permitirían un universo oscilante en el que los acontecimientos desde el Big Bang no serían sino la última encarnación de una serie infinita de creaciones y destrucciones del universo. Pero, en segundo lugar, consideremos la idea de un universo creado de la nada por Dios. La pregunta que aparece inmediatamente (de hecho, muchos críos de diez años piensan espontáneamente en ella antes de ser disuadidos por los mayores) es: ¿de dónde viene Dios? Si la respuesta es que Dios es infinitamente viejo y ha estado presente en cualquier época, no hemos resuelto nada. Con ello nos habremos limitado a retrasar un poco más el afrontar el problema. Un universo infinitamente viejo y un Dios infinitamente viejo son, a mi entender, misterios igualmente profundos. No hay evidencia de que uno de ellos esté más solidamente establecido que el otro. Spinoza pudo haber dicho que las dos posibilidades no se diferencian en nada en absoluto.

--

(\*)Sin embargo, a partir de consideraciones astronómicas, Aristóteles dedujo que en el universo existían varias docenas de seres capaces de producir el primer movimiento sin necesidad de moverse. Esos argumentos de Aristóteles parecen tener consecuencias politeístas que algunos teólogos occidentales pueden considerar peligrosas.

--

Cuando se trata de afrontar misterios tan profundos, considero prudente adoptar una actitud humilde. La idea de que los científicos y los teólogos, con el bagaje actual de conocimientos, todavía raquítico, acerca de este cosmos tan amplio y aterrador, pueden comprender los orígenes del universo es casi tan absurda como la idea de que los astrónomos mesopotámicos de hace 3.000 años —en quienes se inspiraron los antiguos Hebreos, durante la invasión babilónica, para explicar los acontecimientos cosmológicos en el primer capítulo del Génesis— hubiesen comprendido los orígenes del universo. Sencillamente no lo sabemos. El libro sagrado Hindú, el *Rig Veda* (x: 129) presenta una visión mucho más realista sobre este asunto:

*¿Quién sabe con certeza? ¿Quién puede declararlo aquí?*

*¿Desde cuándo ha nacido, desde cuándo se produjo la creación?*

*Los dioses son posteriores a la creación de este mundo;*

*¿Quién puede saber entonces los orígenes del mundo? Nadie sabe desde cuando surgió la creación;*

*Ni si la hizo o no;*

*Aquel que vigila desde lo alto de los cielos, Solo él sabe —o tal vez no lo sabe.*

Pero la época en la que vivimos es muy interesante. Algunas preguntas sobre los orígenes, incluso algunas preguntas relacionadas con el origen del universo, pueden llegar a tener una comprobación experimental en las próximas décadas. No existe una posible respuesta para las grandes preguntas cosmológicas que no choque con la sensibilidad religiosa de los seres humanos. Pero existe la posibilidad de que las respuestas desconcierten a muchas religiones doctrinales y burocráticas. La idea de una religión como cuerpo de doctrina, inmune a la crítica y determinado para siempre por algunos de sus fundadores, es a mi criterio la mejor receta para una larga desintegración de esa religión, especialmente en los últimos tiempos. En cuestiones de orígenes y principios, la sensibilidad religiosa y la científica tienen objetivos muy parecidos. Los seres humanos somos de tal forma que deseamos ardientemente conocer las respuestas a esas preguntas —a causa quizá del misterio de nuestros propios orígenes individuales. Pero nuestros conocimientos científicos actuales, aún siendo limitados, son mucho más profundos que los de nuestros antecesores babilonios del año 1000 a. J.C. Las religiones que no muestran predisposición por acomodarse a los cambios, tanto científicos como sociales, están sentenciadas de muerte. Un cuerpo de creencias no puede ser vivo y consistente, vibrante y creciente, a menos de ser sensible a las críticas más serias que le puedan ser formuladas.

La Primera Enmienda a la Constitución de los Estados Unidos contempla la diversidad de religiones, pero no prohíbe la crítica religiosa. De hecho, protege y alienta la crítica religiosa. Las religiones tienen que estar sujetas, por lo menos, al mismo grado de escepticismo que, por ejemplo, las opiniones sobre visitas de OVNI o sobre el catastrofismo de Velikovsky. Creo aconsejable que sean las propias religiones las que fomenten el escepticismo sobre los puntales fundamentales de sus propias bases. No se cuestiona que la religión proporcione alivio y ayuda, que sea un baluarte siempre presente para las necesidades emocionales y que pueda tener un papel social extremadamente útil. Pero eso no significa en absoluto que la religión tenga que ser inmune a la comprobación, al escrutinio crítico, al escepticismo. Resulta sorprendente el bajo nivel de discusión escéptica de la religión que se da en el país que Tom Paine, el autor de *The Age of Reason*, contribuyó a fundar. Sostengo que los sistemas de creencias que no son capaces de aceptar la crítica no merecen ser. Aquellos que son capaces de hacerlo posiblemente tengan en su interior importantes parcelas de verdad.

La religión solía proporcionar una visión, normalmente aceptada, de nuestro lugar en el universo. Ese ha sido, con toda seguridad, uno de los objetivos principales de los mitos y las leyendas, de la filosofía y la religión, desde que han existido los seres humanos. Pero la confrontación entre las distintas religiones y de la religión con la ciencia ha desgastado esos puntos de vista tradicionales, por lo menos en la mente de muchos.(\*). La forma de encontrar nuestro lugar en el universo se consigue examinando el universo y examinándonos a nosotros mismos —sin ideas preconcebidas, con la mente lo más abierta que podamos. No podemos empezar totalmente de cero, ya que afrontamos el problema con ciertas inclinaciones, debidas a nuestro origen hereditario y ambiental; pero, una vez comprendidos esos prejuicios artificiales, ¿no es posible arrancar de la Naturaleza nuestros conocimientos?

--

(\*)El tema no deja de tener su ironía. Agustín nació en África en el año 354 a. J.C. y en su juventud fue maniqueo, un adepto de la visión dualista del universo según la cual el bien y el mal están en conflicto en términos de igualdad, visión que más tarde fue condenada por herética por la ortodoxia cristiana. La posibilidad de que el maniqueísmo no estuviese acertado se le ocultó a Agustín cuando estudiaba astronomía. Descubrió que incluso las figuras principales de la fe no podían justificar sus misteriosas nociones astronómicas. La contradicción entre teología y ciencia en materia astronómica constituyó el impulso inicial que le condujo hacia el catolicismo, la religión de su madre, la misma religión que siglos más tarde persiguió a científicos como Galileo por mejorar nuestros conocimientos astronómicos. Agustín se convirtió posteriormente en San Agustín, una de las principales figuras de la historia de la Iglesia católica y su madre se convirtió en Santa Mónica, en honor de la cual recibió su nombre uno de los suburbios de Los Angeles. Bertrand Russell se

preguntó cuál hubiese sido el punto de vista de Agustín en cuanto al conflicto entre astronomía y teología si hubiese vivido en tiempos de Galileo.

--

Los que propugnan religiones doctrinales —aquellas que priman un determinado cuerpo de creencias y que desprecian a los infieles— están amenazados por el valiente afán de adquirir conocimientos. Dicen que puede ser peligroso profundizar demasiado. Mucha gente ha heredado su religión al igual que el color de sus ojos: la consideran algo sobre lo que no hay que pensar con detenimiento y, en cualquier caso, algo que escapa a nuestro control. Pero aquellos que sienten en lo más profundo de su ser una serie de creencias, que han ido seleccionando, sin excesivos prejuicios, de entre los hechos y las alternativas, han de sentirse atraídos por los interrogantes. El disgusto hacia las dudas relativas a nuestras creencias es la señal de alerta del cuerpo: ahí se encuentra un bagaje doctrinal no examinado y posiblemente peligroso.

Christian Huygens escribió en 1670 un interesante libro en el que hacía una serie de especulaciones atrevidas y premonitorias sobre la naturaleza de los demás planetas del sistema solar. Huygens era muy consciente de que muchos consideraban objetables sus especulaciones, así como sus observaciones astronómicas. «Pero tal vez dirán», pensaba Huygens, «que no nos corresponde a nosotros ser tan curiosos e inquisitivos en esas Cosas que el Supremo Creador parece haber conservado para su propio Conocimiento: Ya que al no haber deseado llevar más allá el Descubrimiento o Revelación de ellas, no parece sino presunción investigar en aquello que ha considerado oportuno esconder. Pero hay que decir a esos caballeros», proseguía atronadamente Huygens, «que es mucha su pretensión de determinar hasta que punto, y no más allá, debe caminar el Hombre en sus Búsquedas y la de imponer límites a la Actividad de los demás Hombres; como si conociesen los Límites que Dios ha impuesto al Conocimiento; o como si los Hombres fuesen capaces de superar esos Límites. Si nuestros Antecesores hubiesen sido hasta ese punto escrupulosos, todavía seríamos ignorantes de la Magnitud y la Figura de la Tierra, o de que existe un sitio llamado América.

Si consideramos el universo como un todo, encontraremos algo sorprendente. En primer lugar, encontramos un universo que es excepcionalmente bello, construido de forma intrincada y sutil. Sobre si nuestra apreciación del universo se debe o no a que formamos parte de él —sobre si lo encontraríamos bello, independientemente de como estuviese constituido el universo— no pretendo dar una respuesta. Pero no existe la menor duda de que la elegancia del universo es una de sus propiedades más notables. Al mismo tiempo, no puede cuestionarse que existen cataclismos y catástrofes que se repiten periódicamente en el universo y a la escala más temible. Se dan, por ejemplo, explosiones de quásares que posiblemente arrasen los núcleos de las galaxias. Parece probado que cada vez que explota un quásar, saltan por los aires más de un millón de mundos y que innumerables formas de vida, algunas de ellas inteligentes, quedan brutalmente destruidas. No es ese el universo tradicionalmente benigno de la religiosidad convencional de Occidente, construido para el provecho de los seres vivos y, en particular, de los hombres. De hecho, las enormes dimensiones del universo —mas de cien mil millones de galaxias, cada una de las cuales contiene más de cien mil millones de estrellas— ponen de manifiesto la inconsecuencia de los acontecimientos humanos en el contexto cósmico. Vemos al mismo tiempo un universo muy bello y muy violento. Vemos un universo que no excluye al dios tradicional de Oriente u Occidente, pero que tampoco requiere uno.

Creo intensamente que si existe un dios o algo por el estilo, nuestra curiosidad y nuestra inteligencia han de ser proporcionadas por ese dios. Seríamos desagradecidos para con esos dones (así como incapaces de emprender ese tipo de acción) si suprimiésemos nuestra pasión por explorar el universo y a nosotros mismos. Por otro lado, si ese dios tradicional no existe, nuestra curiosidad y nuestra inteligencia son las herramientas fundamentales para procurarnos la supervivencia. En ambos casos la empresa del conocimiento es coherente tanto con la ciencia como con la religión y resulta esencial para el bienestar de la especie humana.



## 24. COTT Y LAS TORTUGAS

*Imaginaos ahora este instante*

*en que los murmullos se arrastran discretamente y  
las espesas tinieblas*

*llenen el gran navío del Universo.*

WILLIAM SHAKESPEARE. *Enrique V*, acto IV, prólogo

En los primeros mitos y leyendas de nuestra especie aparece una misma y comprensible visión del mundo: es antropocéntrica. También existían dioses, pero estos tenían sentimientos y debilidades y resultaban muy humanos. Su comportamiento se nos presentaba caprichoso. Podían resultar propicios a través del sacrificio y la oración. Intervenían normalmente en los asuntos humanos. Diversas facciones de dioses prestaban su apoyo a los distintos bandos contendientes en una guerra. La *Odisea* expresa la idea generalmente aceptada de que es prudente ser amable con los extranjeros; pueden ser dioses disfrazados. Los dioses desposan seres humanos y sus descendientes son indistinguibles, por lo menos en apariencia, de los mortales. Los dioses viven en montañas o en el cielo, o en algún reino subterráneo o submarino; en cualquier caso, lejos de nosotros. Resultaba difícil acercarse a un dios y, por lo tanto, arduo comprobar las historias que se relataban sobre ellos. Algunas veces, sus acciones estaban controladas por seres todavía más poderosos, como las Parcas controlaban a los dioses del Olimpo. La naturaleza del universo como un todo, su origen y su destino, no se consideraban bien comprendidos. En los mitos védicos, aparece la duda, no sólo de si los dioses crearon el mundo, sino también de si sabían quién o qué lo creó. Hesíodo en su *Cosmogonía* apunta que el universo fue creado a partir del (o tal vez por el) Caos, aunque posiblemente se trate sólo de una metáfora que oculte la dificultad en hallar una solución al problema.

Algunas antiguas visiones cosmológicas asiáticas se acercan mucho a la idea de una regresión infinita de las causas, como puede servir de ejemplo la siguiente historia apócrifa. Un viajante occidental se encuentra con un filósofo oriental y le pide que le describa la naturaleza del mundo:

—Es una gran bola que reposa sobre la espalda de la tortuga del mundo.

—Muy bien, pero, ¿sobre qué se apoya la tortuga del mundo?

—Sobre la espalda de una tortuga todavía mayor.

—Bueno, pero, ¿sobre qué se apoya esta?

—Una pregunta muy sagaz. Pero no hace al caso, señor; siempre hay una tortuga debajo.

En la actualidad sabemos que vivimos en una diminuta mota de polvo inmersa en un universo inmenso y que nos disminuye. Caso de existir, los dioses no intervienen ya en los asuntos de los hombres. No vivimos en un universo antropocéntrico. Y la naturaleza, el origen y el destino del cosmos parecen ser misterios mucho menos profundos de lo que creían nuestros antepasados remotos.

Pero la situación esta cambiando nuevamente. La cosmología (el estudio del universo como un todo) se está convirtiendo en una ciencia experimental. La información obtenida a través de radiotelescopios y telescopios ópticos basados en tierra, telescopios de rayos X y ultravioleta en órbita alrededor de la Tierra, mediciones de reacciones nucleares en el laboratorio y determinaciones de la abundancia de los elementos químicos en los meteoritos, está estrechando el campo de las posibles hipótesis cosmológicas; y no parece excesivo esperar que pronto podamos disponer de respuestas a preguntas que antaño se consideraban del dominio exclusivo de la especulación filosófica y teológica.

Esta revolución observacional tiene su punto de partida en una fuente poco frecuente. En la segunda década del presente siglo hubo —y sigue habiendo— en Flagstaff, Arizona, un medio astronómico llamado Observatorio Lowell, fundado por Percival Lowell, como no podía ser de otra manera. Para Lowell, la búsqueda de vida en otros planetas era una pasión que le consumía; fue también quien popularizó y promovió la idea de que Marte estaba cruzado por canales, que creía contruidos por una raza de seres enamorados de la ingeniería hidráulica. Ahora sabemos que los canales no existen en absoluto; fueron el producto de un pensamiento deseoso de que así fuera y de las limitaciones de observación impuestas por la turbulenta atmósfera terrestre.

Entre otras cuestiones, Lowell estaba muy interesado por las nebulosas espirales, exquisitos objetos celestes luminosos en forma de molinete, de los que hoy sabemos que son conjuntos muy alejados de centenares de miles de millones de estrellas individuales. Un ejemplo cercano es la galaxia de la Vía Láctea, de la que forma parte nuestro Sol. Pero por aquella época no había forma de determinar la distancia a esas nebulosas, y Lowell se interesó por una hipótesis alternativa: la de que las nebulosas espirales no eran entidades multiestelares, enormes y distantes, sino objetos más próximos y bastante pequeños, que serían los primeros estadios de la condensación de una estrella individual a partir del gas y el polvo interestelar. A medida que esas nubes de gas se contraían por autogravitación, la conservación del momento angular exigía que aumentaran su velocidad hasta adquirir una rotación rápida, convirtiéndolas en un disco plano. La rotación rápida puede detectarse astronómicamente mediante espectroscopía, dejando que la luz procedente de un objeto alejado pase consecutivamente por un telescopio, una rendija y un prisma de vidrio o cualquier otro instrumento que descomponga la luz blanca dando un arco iris de colores. El espectro de la luz estelar contiene rayas brillantes y oscuras diseminadas por el arco iris, que son las imágenes de la rendija del espectrómetro. Un ejemplo de ello lo constituyen las brillantes rayas amarillas emitidas por el sodio, que aparecen cuando sumergimos un trozo de sodio en la llama. Si la materia está constituída por elementos químicos muy diversos presentará rayas espectrales muy diversas. Cuando la fuente luminosa está en reposo, el desplazamiento de estas rayas espectrales desde sus longitudes de onda habituales nos proporciona información acerca de la velocidad de la fuente al separarse de nosotros o acercarse. Este fenómeno es llamado efecto Doppler, y en la física del sonido se presenta en forma de incremento o disminución de la tonalidad del ruido del motor de un automóvil según éste se acerca o se aleja rápidamente de nosotros.

Se dice que Lowell pidió a uno de sus jóvenes ayudantes, V. M. Slipher, que comprobase si uno de los bordes de la mayor nebulosa espiral presentaba rayas espectrales desplazadas hacia el rojo y el otro hacia el azul, con lo cual podría deducirse la velocidad de rotación de la nebulosa. Slipher investigó los espectros de las nebulosas espirales más próximas y encontró con sorpresa que casi todos ellos presentaban un desplazamiento hacia el rojo, sin presencia de desplazamientos hacia el azul en ninguna de ellas. No encontró rotación sino recesión. Era como si todas las nebulosas espirales se alejasen de *nosotros*.

Edwin Hubbell y Milton Humason realizaron una serie mucho más completa de observaciones en los años '20 desde el Observatorio de Mount Wilson, e idearon un método para determinar la distancia de las nebulosas espirales; quedó patente entonces que no eran nubes de gas en condensación relativamente próximas a la Galaxia de la Vía Láctea, sino grandes galaxias a millones de años luz o más. Con sorpresa descubrieron que, cuanto más lejos estaba la galaxia, más se alejaba de nosotros. Como es muy improbable que nuestra posición en el cosmos tenga algo de especial, esa situación sólo puede entenderse

en función de una expansión general del universo: todas las galaxias se alejan entre sí, de forma que un astrónomo situado en cualquier galaxia observará que todas las demás siempre se alejan de él.

Si extrapolamos al pasado esa recesión mutua, encontramos que debió haber habido una época —hace unos 15 ó 20 mil millones de años— en que todas las galaxias tendrían que haber estado «tocándose», es decir, confinadas en un volumen del espacio extremadamente pequeño. La materia en su forma actual no sería capaz de soportar una compresión tan fuerte. Las primeras etapas de ese universo en expansión habrán estado dominadas por la radiación y no por la materia. Ya se ha generalizado la utilización del término *Big Bang* para designar ese período.

Se han propuesto tres explicaciones para esa expansión del universo: las cosmologías del Estado Estable, del Big Bang y del Universo Oscilante. En la hipótesis del Estado Estable, las galaxias se alejan entre sí y las más alejadas se desplazan a velocidades aparentes muy elevadas, desplazándose su luz por efecto Doppler hacia longitudes de onda cada vez mayores. Habrá una distancia en la que una galaxia se desplazará tan deprisa que alcanzará su horizonte de acontecimientos y desde nuestro punto de vista, desaparecerá. Existe una distancia tan grande que, en un universo en expansión, no existe la posibilidad de obtener información de más allá. A medida que transcurre el tiempo, si no ocurre nada más, irán desapareciendo cada vez más galaxias por el borde. Pero en la cosmología del Estado Estable, la materia que se pierde por el borde queda compensada exactamente por nueva materia que se va creando continuamente en cualquier punto, materia que puede llegar a condensarse en galaxias. Con un grado de desaparición de galaxias por el horizonte de acontecimientos contrarrestado por el de creación de nuevas galaxias, el universo siempre parece prácticamente el mismo desde cualquier lugar y en cualquier época. En la cosmología del Estado Estable, no hay Big Bang. Hace cien mil millones de años, el universo debía parecerse mucho al de ahora y así será dentro de cien mil millones de años más. Pero, ¿de dónde viene la materia nueva? ¿Cómo puede crearse materia de la nada? Los adeptos de la cosmología del Estado Estable responden que del mismo sitio en el que los adeptos del Big Bang encuentran su «Bang». Si podemos concebir que toda la materia se crease discontinuamente de la nada hace 15 ó 20 mil millones de años, ¿por qué somos reticentes a imaginar que se crea constantemente, en cualquier lugar y para siempre, de forma paulatina? Si la hipótesis del Estado Estable es verdadera, nunca las galaxias han estado más juntas. Por tanto, el universo es inimitable e infinitamente viejo.

Pero aún a pesar de lo plácida y, cosa curiosa, lo satisfactoria que es la cosmología del Estado Estable, existen fuertes indicios en su contra. Cuando se apunta un radiotelescopio sensible a cualquier punto del cielo, puede detectarse un ruido cósmico constante. Las características de ese ruido de radio corresponden casi plenamente a lo que cabría esperar si el universo primitivo fuese caliente y estuviese repleto de radiación además de materia. La radiación cósmica del cuerpo negro es prácticamente la misma en cualquier lugar del cielo y se parece mucho al lejano retumbar del Big Bang, enfriado y atenuado por la expansión del universo, pero todavía en circulación por los pasillos del tiempo. La bola de fuego primigenia, el acontecimiento explosivo que dio inicio al universo en expansión, puede ser observado. Los adeptos de la cosmología del Estado Estable se ven reducidos, en la actualidad, a situar un gran número de fuentes especiales de radiación que globalmente puedan reproducir con fidelidad la bola de fuego primigenia enfriada. O incluso a proponer que el universo, mas allá del horizonte de acontecimientos, se encuentra en estado estable; pero que, por un accidente singular, vivimos en una especie de pompa en expansión, un grano violento en un universo mucho más amplio, pero mucho más plácido. Esta idea tiene la ventaja o la desventaja, según el punto de vista, de ser imposible de refutar mediante cualquiera de los experimentos que podamos imaginar. Pero de hecho, prácticamente todos los cosmólogos han abandonado la hipótesis del Estado estable.

Si el universo no se encuentra en estado estable, entonces está cambiando. Las cosmologías evolutivas describen esos universos cambiantes: empiezan en un estado y acaban en otro. ¿Cuáles son los posibles destinos del universo en las cosmologías evolutivas? Si el universo continúa expandiéndose a su ritmo actual y las galaxias continúan



desapareciendo por el horizonte de acontecimientos, cada vez habrá menos materia en el universo visible. Las distancias entre las galaxias aumentarán y cada vez habrá menos galaxias espirales que puedan ser observadas por los sucesores de Slipher, Hubbell y Humason. Eventualmente, hasta la más próxima llegará a superar el horizonte de acontecimientos y los astrónomos dejarán de poder verla, excepto en fotografías y libros (muy) viejos. Debido a la gravedad que mantiene unidas las estrellas de nuestra galaxia, el universo en expansión no va a disiparla, pero también aquí nos aguarda una suerte extraña y desoladora. Las estrellas irán evolucionando, y dentro de centenares o miles de millones de años la mayoría de las estrellas comunes se habrán convertido en pequeñas enanas negras. El resto, las más grandes, habrán colapsado en estrellas de neutrones o en agujeros negros. No habrá nueva materia para una vigorosa generación de jóvenes estrellas. El Sol, las estrellas, en suma toda la Galaxia de la Vía Láctea se irá apagando lentamente. Las luces nocturnas del cielo dejarán de ser.

Pero en ese universo todavía hay una evolución posible. Todo el mundo ha oído hablar de elementos radiactivos; son ciertos tipos de átomos que se desintegran espontáneamente. El uranio es uno de ellos. Pero no todo el mundo sabe que *cualquier* átomo, excepto el hierro, es radiactivo, dado un periodo de tiempo lo suficientemente largo. Incluso los átomos más estables se desintegrarán radiactivamente, si esperamos lo suficiente. Pero, ¿cuánto tiempo? El físico norteamericano Freeman Dyson, del *Institute for Advanced Study*, ha calculado que la vida media del hierro es de unos  $10^{500}$  años, un uno seguido de quinientos ceros (un número tan grande que un experto en números tardará casi diez minutos en escribirlo). Pues bien, si esperamos un poco más —para el caso, bastaría con  $10^{600}$  años— no sólo habrán desaparecido las estrellas, sino que toda la materia del universo que no estuviese en estrellas de neutrones o agujeros negros se habrá desintegrado en polvo nuclear. Eventualmente, las galaxias también habrán desaparecido. Los soles se habrán oscurecido, la materia desintegrada y no quedará ningún resquicio para la supervivencia de la vida o la inteligencia, o la civilización. Una muerte fría, oscura y desoladora del universo.

Pero, ¿necesita expandirse siempre el universo? Si estoy en un pequeño asteroide y lanzo una piedra hacia arriba, ésta podría abandonar el asteroide si en ese mundo no hay la suficiente gravedad como para hacer regresar la roca. Si lanzamos la misma roca a la misma velocidad desde la superficie de la Tierra, obviamente volverá a caer debido a la intensa gravedad existente en nuestro planeta. Pero la misma ley física sirve para todo el conjunto del universo. Si hay menos de una cierta cantidad de materia, cada galaxia experimentará una atracción gravitatoria insuficiente desde las demás galaxias como para frenarla, y la expansión del universo proseguirá indefinidamente. Por otro lado, si existe masa por encima de ese valor crítico, la expansión irá atenuándose eventualmente y nos salvaremos de la desoladora teleología de un universo en continua expansión.

¿Cuál sería en este caso el destino del universo? Un observador eterno podría ver que la expansión se va deteniendo y convirtiendo gradualmente en contracción, mientras las galaxias se van acercando entre sí a un ritmo cada vez mayor, haciendo pedazos galaxias, mundos, vida, civilizaciones y materia, hasta que cualquier estructura del universo sea totalmente destruida y toda la materia del cosmos convertida en energía: en lugar de un universo que culmine en una tenue y fría desolación, tenemos aquí un universo que se acaba en una densa y caliente bola de fuego. Es muy probable que esa bola de fuego rebote de nuevo hacia afuera, produciendo una nueva expansión del universo y una nueva encarnación de la materia, una nueva serie de condensaciones de galaxias y estrellas y planetas, una nueva evolución de la vida y la inteligencia. Pero la información de nuestro universo no penetrará en el siguiente, por lo que desde nuestra perspectiva esta cosmología oscilante proporciona un final tan definitivo y deprimente como la expansión que nunca acaba.

La diferencia entre un Big Bang con expansión indefinida y un Universo Oscilante estriba en la cantidad de materia existente. Si se supera la cantidad crítica, vivimos en un Universo Oscilante. Y si no, vivimos en un universo que se expande indefinidamente. Los tiempos de expansión, medidos en decenas de miles de millones de años, son tan largos que no afectan a ninguna preocupación humana inmediata. Pero son de la mayor importancia para nuestra

visión de la naturaleza, del destino del universo y —sólo un poco mas remotamente— de nosotros mismos.

Un importante artículo científico publicado el 15 de diciembre de 1974 en *Astrophysical Journal* aporta datos observacionales que aclaran la cuestión de si el universo continuará expansionándose indefinidamente (un universo «abierto») o si irá desacelerándose progresivamente hasta volver a contraerse (un universo «cerrado»), posiblemente formando parte de una serie infinita de oscilaciones. El trabajo fue realizado por J. Richard Gott III y James E. Gunn, ambos por entonces en el *California Institute of Technology* y David N. Schramm y Beatrice M. Tinsley, por entonces en la Universidad de Texas. En uno de sus argumentos, revisaron los cálculos de la cantidad de masa en las galaxias y en el espacio interestelar en regiones del espacio «cerca» y bien observadas, y extrapolaron los datos al resto del universo: encontraron que no habría materia suficiente como para atenuar la expansión.

El hidrógeno normal posee un núcleo con un único protón. El hidrógeno pesado, llamado deuterio, posee un núcleo con un protón y un neutrón. El telescopio astronómico *Copernicus*, en órbita, ha medido por primera vez la cantidad de deuterio entre las estrellas. El deuterio debe haberse fabricado en el Big Bang en una cantidad que depende de la densidad primitiva del universo. Esta densidad primitiva guarda relación con la densidad actual del universo. La cantidad de deuterio determinada por el *Copernicus* supone un valor de la densidad inicial del universo que es insuficiente para evitar que siga expandiéndose para siempre.(\*). Y lo que se considera el mejor valor de la constante de Hubble —que especifica la mayor velocidad de alejamiento de las galaxias más alejadas respecto de las más próximas— es coherente con todo ello.

--

(\*) Pero todavía se mantiene vivo el debate sobre la cantidad de deuterio que puede elaborarse en los interiores estelares y arrojarse posteriormente al gas interestelar. Si esa cantidad es significativa, la abundancia actual de deuterio tendría un papel menos importante en la densidad del universo primitivo.

--

Gott y sus colegas hicieron mucho hincapié en la existencia de numerosas lagunas en su argumento. Podría ocurrir que la materia intergaláctica estuviese escondida de forma tal que no pudiésemos detectarla. De hecho, ya empezamos a disponer de indicios sobre la presencia de esa masa escondida. Los Observatorios Astronómicos de Alta Energía (HEAO) son un conjunto de satélites en órbita alrededor de la Tierra que barren el universo buscando las partículas y la radiación que no podemos leer desde aquí, bajo nuestra espesa manta de aire. Los satélites de ese tipo han detectado una intensa emisión de rayos X procedente de cúmulos galácticos y de los espacios intergalácticos en los que, hasta ahora, no existían indicios de materia. Un gas extraordinariamente caliente situado entre las galaxias resultaría invisible por cualquier otro método experimental, y por ende no figuraría en el inventario de materia cósmica elaborado por Gott y sus colegas. Pero aún más: los estudios radioastronómicos llevados a cabo desde el Observatorio de Arecibo en Puerto Rico han demostrado que la materia de las galaxias se extiende mucho más allá de la luz óptica procedente de los bordes aparentes de las galaxias. Cuando miramos la fotografía de una galaxia, vemos un borde mas allá del cual no parece haber más materia. El radiotelescopio de Arecibo ha encontrado que la materia pierde el brillo muy lentamente y que existe una cantidad importante de materia oscura en la vecindad y en el exterior de las galaxias, materia que no había sido contabilizada en los registros previos.

La cantidad de materia extra que se necesita para que el universo revierta su expansión es muy importante; viene a equivaler a unas treinta veces la cantidad de materia contabilizada en los inventarios habituales, como el realizado por Gott. Pero puede ocurrir que el gas y el polvo oscuros que se encuentran en las proximidades de las galaxias, y el gas sorprendentemente caliente que emite rayos X entre las galaxias constituyan entre ellos un

volumen de materia suficiente como para frenar el universo y evitar que éste se expanda indefinidamente. Todavía no puede decirse nada definitivo. Las observaciones de deuterio parecen apuntar en el otro sentido. Nuestras recopilaciones de masa distan mucho de ser completas, pero a medida que se desarrollen las técnicas de observación, iremos adquiriendo una capacidad creciente para detectar la masa ausente, y entonces el péndulo podría oscilar hacia un universo cerrado.

Me parece aconsejable que no nos formemos un criterio definitivo al respecto de forma demasiado prematura. Posiblemente resulte mejor evitar que nuestras preferencias personales influyan en la decisión. En lugar de ello, y en la mejor tradición de aquella ciencia que ha conseguido grandes éxitos, deberíamos potenciar que fuese la propia Naturaleza la que nos revelase la verdad. Pero el ritmo de los descubrimientos se va acelerando. La naturaleza del universo que va surgiendo de la cosmología experimental moderna es muy distinta de la que conocían los griegos, que especulaban con el universo y los dioses. Al haber evitado el antropocentrismo, al haber tenido en cuenta de forma real y desapasionada todas las posibilidades, podría ocurrir que en las próximas décadas determinásemos rigurosamente, por primera vez, la naturaleza y el destino del universo. Y entonces veremos si Gott sabe o no. (\*)

--

(\*) Juego de palabras entre Gott, el astrónomo, y *God*, que en inglés significa Dios. (N. del T.)

--

## 25. EL UNIVERSO AMNIÓTICO

*Para un hombre es tan natural morir como nacer; y para un niño pequeño, tal vez, lo uno es tan penoso como lo otro.*

FRANCIS BACON, *Of Death* (1612)

*La cosa más bella que podemos experimentar es lo misterioso. Es la fuente de toda verdad y ciencia. Aquel para quien esa emoción es ajena, aquel que ya no puede maravillarse y extasiarse ante el miedo, vale tanto como un muerto: sus ojos están cerrados... Saber que lo impenetrable para nosotros existe realmente, manifestándose como la prudencia máxima y la belleza más radiante que nuestras torpes capacidades pueden comprender tan solo en sus formas más primitivas... este conocimiento, este sentimiento, se encuentra en el centro de la verdadera religiosidad. En ese sentido, y sólo en ese sentido, pertenezco a las filas de los hombres religiosos devotos.*

ALBERT EINSTEIN, *Lo que creo* (1930)

William Wolcott murió y subió al cielo. O eso parecía. Antes de que le llevarsen al quirófano, le hicieron saber que la intervención quirúrgica comportaba un cierto riesgo. La operación fue un éxito, pero cuando la anestesia dejaba de producir sus efectos, su corazón entró en fibrilación y murió. Le pareció que, de alguna manera, había dejado su cuerpo y era capaz de situarse por encima de él... Lo vio debajo suyo, marchito y patético, cubierto tan sólo por una sábana, tumbado sobre una superficie dura e implacable. Se puso algo triste; miró su cuerpo por última vez —desde una gran altura, según le pareció— y prosiguió su viaje hacia arriba. Su entorno estaba sumido en una extraña oscuridad penetrante, pero se dio cuenta de que todo se estaba volviendo más brillante a medida que subía. Luego divisó una luz en la lejanía, una luz muy intensa. Penetró en una especie de reino radiante y allí mismo, justo por encima de él, pudo percibir una silueta, magníficamente iluminada desde atrás, una gran figura venerable a la que se iba aproximando sin esfuerzo. Wolcott se esforzó por ver Su cara...

Y entonces despertó. En el hospital le habían aplicado a toda velocidad el desfibrilador y acababa de resucitar en el último instante. En realidad, su corazón había dejado de latir y, según algunas definiciones de un proceso poco comprendido, había muerto. Wolcott quedó convencido de haber muerto verdaderamente, de que se le había otorgado permiso para dar una ojeada a la vida después de la muerte para tener una confirmación de la teología judeocristiana.

A lo largo y ancho del mundo se han producido experiencias parecidas, hoy en día muy documentadas por médicos y otros. Estas Epifanías peritanáticas (próximas a la muerte) han sido experimentadas no sólo por personas de religiosidad occidental sino también por hindúes, budistas y escépticos. Es posible que muchas de nuestras ideas convencionales acerca del cielo procedan de experiencias próximas a la muerte de ese tipo, que habrán ido

produciéndose a lo largo de los milenios. Ninguna noticia podía ser más interesante o más esperanzadora que la relatada por un muerto regresado: la explicación de que hay un viaje y una vida después de la muerte, de que hay un Dios que nos espera y de que al morir nos sentimos agradecidos y elevados, aterrados y anonadados.

Por lo que yo sé, estas experiencias pueden ser exactamente lo que representan, así como una justificación de la piadosa fe que tantas veces ha sufrido los embates de la ciencia en los últimos siglos. A mí personalmente me gustaría mucho que existiese una vida después de la muerte, en especial si eso fuera a permitirme seguir aprendiendo sobre este mundo y otros, si me proporcionara la posibilidad de descubrir cómo se desarrolla la historia. Pero también soy un científico y, por lo tanto, pienso también en otras explicaciones posibles. ¿Cómo puede ser que personas de todas las edades, culturas y predisposiciones escatológicas, experimenten las mismas experiencias estando próximos a la muerte?

Sabemos que esas experiencias pueden inducirse con bastante regularidad, de forma contracultural, a través de las drogas psicodélicas.(\*). Las experiencias de abandono del cuerpo son inducidas por sustancias anestésicas disociativas como las cetaminas [2-(o-clorofenil)-2-(metila-mino)ciclohexanonas]. La ilusión de volar es inducida por la atropina y otros alcaloides extraídos de la belladona, y esas moléculas obtenidas de la mandrágora o del estramonio han sido utilizadas normalmente por las brujas europeas y los *curanderos*(\*\*) norteamericanos para gozar, en el trance del éxtasis religioso, de un vuelo placentero y glorioso. La MDA [2,4-metilendioxiánfetamina] tiende a provocar una regresión de edad, un acceso a experiencias juveniles e infantiles que considerábamos totalmente olvidadas. La DMT [N,N-dimetiltriptamina] provoca *micropsia* y *macropsia*, las sensaciones de que el mundo se encoge o se expande, respectivamente; algo parecido a lo que le pasa a Alicia después de obedecer las instrucciones escritas sobre los pequeños recipientes que dicen: «Cómeme» o «Bébe». El LSD [dietilamida del ácido lisérgico] provoca una sensación de unión con el universo, como en la identificación de Brahma con Atman en el sistema de creencias hindú.

--

(\*)Resulta interesante preguntarse por qué existen moléculas psicodélicas, y en gran abundancia, en plantas muy diversas. Dichas moléculas no parecen proporcionar ningún beneficio inmediato a las plantas. No es probable que la planta del *cannabis* se «eleve» por su complemento de la tetra-hidrocannabinol. Pero los seres humanos cultivan el *cannabis* porque las propiedades alucinógenas de la marihuana resultan muy apreciadas. Es bien conocido que en algunas culturas, las plantas psicodélicas constituyen la única vegetación doméstica. Es posible que en esa etnobotánica se haya desarrollado una relación simbiótica entre las plantas y los seres humanos. Se cultivan preferentemente aquellas plantas que por accidente proporcionan las sustancias psicodélicas deseadas. Esta selección artificial puede influir poderosamente en la evolución subsiguiente, y en periodos de tiempo relativamente cortos —por ejemplo, decenas de miles de años—, como queda patente al comparar muchos animales domesticados con sus antepasados. Estudios recientes también ponen de manifiesto la posibilidad de que las sustancias psicodélicas actúen por el hecho de ser químicos parecidos a sustancias naturalmente producidas por el cerebro, que inhiben o amortiguan la transmisión nerviosa y que pueden contar entre sus funciones con la inducción de cambios endógenos en la percepción o el humor.

(\*\*)En castellano en el original. (N. del T.)

--

¿Es posible que dispongamos previamente en nuestra psíquis de la experiencia mística hindú y que sólo necesitemos 200 microgramos de LSD para ponerla de manifiesto? Si se segrega algo parecido a la cetamina en momentos de peligro mortal y los que regresan de una experiencia de ese tipo siempre cuentan el mismo relato del cielo y de Dios, ¿no debe haber acaso una forma en que las religiones occidentales, así como las orientales, estén grabadas en la arquitectura neuronal de nuestros cerebros?

Resulta difícil pensar que la evolución haya buscado seleccionar algunos cerebros predispuestos a tales experiencias, ya que parece ser que nadie muere ni deja de reproducir un deseo de fervor místico. ¿Pueden deberse esas experiencias inducidas por drogas únicamente a algún defecto evolutivo de conexiones cerebrales que, ocasionalmente, hace aparecer percepciones alteradas del mundo? A mi criterio, esa posibilidad es extremadamente poco plausible y tal vez no sea sino un desesperado intento racionalista de evitar un encuentro frontal con lo místico.

La única alternativa que se me ocurre es la de que todo ser humano sin excepción ya debe haber sufrido una experiencia similar a la de los viajeros que regresan de la tierra de la muerte, la sensación de vuelo, el paso de la oscuridad a la luz. Una experiencia en la que, al menos en algunas ocasiones, puede entereverse una figura heroica, bañada en resplandor y gloria. Esa experiencia común a todos es el *nacimiento*.

Stanislav Grof, médico y psiquiatra, fue el primero en utilizar LSD y otras drogas psicodélicas en estudios de psicoterapia. Su trabajo es bastante anterior a la cultura de la droga en Norteamérica; se inició en Praga, Checoslovaquia en 1956, prosiguiendo años más tarde en Baltimore, Maryland. Es probable que Grof posea más experiencia científica continuada sobre los efectos de las drogas psicodélicas en pacientes que ningún otro terapeuta.(\*). Sostiene que, así como el LSD puede utilizarse con fines recreativos y estéticos, también puede tener otros efectos más profundos, uno de los cuales es el recuerdo preciso de experiencias perinatales. «Perinatal» es un neologismo que significa «próximo al nacimiento», y no se refiere sólo a los momentos posteriores al nacimiento, sino también a los anteriores. Es del mismo tipo que peritánico, próximo a la muerte. Grof dispone de historias clínicas de muchos pacientes que, tras una serie adecuada de sesiones, vuelven a experimentar realmente experiencias profundas de los tiempos perinatales, ocurridas hace mucho tiempo y previamente consideradas imposibles de refrescar por nuestra imperfecta memoria. De hecho es una experiencia bastante habitual con LSD, no limitada a los pacientes de Grof.

--

(\*)Una fascinante descripción del trabajo de Grof y del mundo de los fármacos psicodélicos puede encontrarse en la obra *Psychodelic Drugs Reconsidered* de Lester Grinspoon y James Bakalar (Basic Books, Nueva York, 1979). La descripción de sus descubrimientos hecha por el propio Grof aparece en *Realms of Human Unconscious* por S. Grof (E. P. Dutton, Nueva York, 1976) y *The Human Encounter with Death* por S. Grof y J. Halifax (E. P. Dutton, Nueva York, 1977).

--

Grof distingue cuatro estadios perinatales, cubiertos por la terapia con fármacos psicodélicos. El Estadio 1 es el de la complacencia dichosa del niño en el seno, libre de cualquier ansiedad y centro de un pequeño universo oscuro y caliente —un cosmos en una bolsa amniótica—. En ese estado intrauterino, parece ser que el feto experimenta algo muy parecido al éxtasis oceánico descrito por Freud como una de las fuentes de la sensibilidad religiosa. Evidentemente, el feto se mueve. Posiblemente justo antes de nacer esté bien alerta, tal vez más incluso que justo después de nacer. No parece imposible que podamos recordar de manera imperfecta ese edén, esa edad de oro cuando cualquier necesidad —de alimentos, oxígeno, calor y expulsión de restos— quedaba cubierta automáticamente por un sistema de apoyo a la vida soberbiamente diseñado. Un estado que, en una reposición más o menos precisa, se describe como «estar fundido con el universo».

En el Estadio 2 se inician las contracciones uterinas. La base del estable ambiente intrauterino, las paredes a las que se fija la bolsa amniótica, se vuelven traidoras. El feto es comprimido terriblemente. El universo parece pulsar; un mundo benigno se convierte de repente en una cámara de tortura. Las contracciones pueden durar horas, y se presentan en forma intermitente. A medida que pasa el tiempo, aumenta su intensidad. No hay posibilidad de que cesen. El feto no ha hecho nada para merecer esa suerte; es un inocente

cuyo cosmos se le ha vuelto en contra, proporcionándole una agonía en apariencia sin fin. La dureza de esa experiencia es evidente para cualquiera que haya visto una distorsión craneal neonatal, la que sigue apreciándose bastantes días después del nacimiento. Así como es fácil comprender una fuerte motivación por borrar decididamente toda traza de esa agonía, ¿no es posible admitir que resurja acaso, bajo determinadas condiciones? Acaso, sugiere Grof, el vago y reprimido momento de esa lejana experiencia puede incitar fantasías paranoicas. Incluso puede explicar nuestras humanas predilecciones por el sadismo y el masoquismo, por la identificación entre asaltante y víctima, por ese gusto infantil por la destrucción. Grof indica que las reposiciones en el siguiente estadio están relacionadas con imágenes de mareas y terremotos, las imágenes análogas en el mundo físico a la traición intrauterina.

El Estadio 3 es el final del proceso del nacimiento, cuando la cabeza de la criatura se ha introducido en la cervix y, a través de sus párpados cerrados, percibe un túnel iluminado en su extremo por el radiante esplendor del mundo extrauterino. El descubrimiento de la luz realizado por una criatura que ha vivido toda su existencia en la oscuridad debe constituir una experiencia profunda e inolvidable. Y allí se entrevé confusamente, por la poca resolución de los ojos del recién nacido, una figura enorme parecida a un dios, rodeada de un halo de luz (la comadrona, el médico o el padre). Al término de un trabajo monstruoso, el bebé vuela desde el universo intrauterino y se eleva hacia las luces y los dioses.

El Estadio 4 es la época inmediatamente posterior al nacimiento, cuando ya se ha disipado la apnea perinatal, cuando la criatura es fajada y cubierta, acariciada y alimentada. Si estos supuestos de Grof son acertados, el contraste entre los Estadios 1 y 2 y los Estadios 2 y 4, en una criatura totalmente desprovista de otras experiencias, debe ser profundo y sorprendente; y la importancia del Estadio 3, como tránsito entre la agonía y, cuando menos, un tierno simulacro de la unidad cósmica del Estadio 1, debe ejercer una poderosa influencia en la visión posterior del mundo que tendrá esa criatura.

Evidentemente, cabe todo el escepticismo que se quiera en la explicación de Grof y en mi versión de ella. Hay muchas preguntas que responder. ¿Son capaces de acordarse del Estadio 2 las criaturas nacidas por cesárea? Al ser sometidas a tratamiento con fármacos psicodélicos, ¿reproducen menos imágenes de terremotos y mareas catastróficas que las nacidas en partos normales? Y contrariamente, ¿son más propensas a contraer el peso psicológico del Estadio 2 las criaturas nacidas tras contracciones uterinas especialmente dolorosas inducidas al «trabajo electivo» por la hormona oxitocina? <sup>4</sup> Si a la madre se le proporciona un fuerte sedante, ¿recordará la criatura, al alcanzar la madurez, una transición muy distinta desde el Estadio 1 directamente al Estadio 4, sin hacer nunca un relato radiante en una experiencia peritánica? ¿Pueden los neonatos resolver una imagen en el momento del nacimiento o son tan sólo sensibles a la luz y a la oscuridad? ¿Puede ser que la descripción, en una experiencia próxima a la muerte, de un dios brillante y cubierto de pelo sea una reposición perfeccionada de una imagen neonatal imperfecta? ¿Se seleccionaron los pacientes de Grof entre la más amplia serie posible de seres humanos, o están restringidos los relatos a un subconjunto no representativo de la comunidad humana?

Es fácil comprender que puede haber más objeciones personales a esas ideas. Una resistencia parecida tal vez a ese tipo de chauvinismo que se detecta en algunas justificaciones de las costumbres gastronómicas de los carnívoros: las langostas marinas no tienen sistema nervioso central; no les sabe mal que las dejen caer vivas en el agua hirviendo. Bien, es posible. Pero los aficionados a las langostas tienen evidente interés en favor de esa hipótesis concreta sobre la neurofisiología del dolor. De igual forma, me pregunto si los adultos no tienen un marcado interés por creer que las criaturas sólo poseen poderes de percepción y memoria muy limitados, que no existe forma en que la experiencia del nacimiento pueda ejercer una influencia profunda y, en particular, una influencia profundamente negativa.

Si Grof está efectivamente en lo cierto, debemos preguntarnos por qué son posibles esos recuerdos. Por qué, si la experiencia perinatal ha producido una enorme desdicha, la evolución no ha descartado las consecuencias psicológicas negativas. Hay algunos

parámetros que los recién nacidos tienen que cumplir: tienen que ser buenos chupadores; si no, morirían. Deben ser bellos, porque por lo menos en épocas anteriores de la historia humana, las criaturas que de alguna manera parecían atractivas eran cuidadas con mayor esmero. Pero, ¿deben ver imágenes de su entorno los recién nacidos? ¿Deben recordar los horrores de la experiencia perinatal? ¿En qué sentido hay un valor de supervivencia en ello? La respuesta puede ser la de que los pros superan a las contras; tal vez la pérdida de un universo al que estamos perfectamente ajustados nos estimula poderosamente a cambiar el mundo y a mejorar las condiciones del hombre. Tal vez esta voluntad de esfuerzo y búsqueda que posee el espíritu humano no existiría si no fuese por los horrores del nacimiento.

Me fascina —y así lo puse de manifiesto en mi obra *Los dragones del Edén*— el hecho de que el dolor del trabajo de parto sea especialmente importante en las madres humanas, debido al enorme crecimiento del cerebro en los últimos millones de años. Pareciera que nuestra creciente inteligencia fuese la fuente de nuestra desdicha; pero también indicaría que nuestra desdicha es la fuente de nuestra fuerza como especie.

Estas ideas pueden arrojar alguna luz sobre el origen y la naturaleza de la religión. La mayoría de las religiones occidentales defienden la existencia de una vida después de la muerte; las orientales hablan de un alivio gracias a un amplio ciclo de muertes y nacimientos. Pero ambas prometen un cielo o un *satori*, una reunión idílica del individuo con el universo, un retorno al Estadio 1. Cada nacimiento es una muerte, cuando la criatura abandona el mundo amniótico. Pero los devotos de la reencarnación sostienen que toda muerte es un nacimiento: una proposición que hubiese podido surgir de experiencias perináticas en las que la memoria perinatal fuese identificada como una reposición del nacimiento. («Oímos un golpe seco en el ataúd. Lo abrimos y resultó que Abdul no había muerto. Se había despertado tras una larga enfermedad que había arrojado sobre él su hechizo, y explicó una extraña historia acerca de haber nacido de nuevo».)

¿Acaso la fascinación occidental por el castigo y la redención no podría ser un intento de dar algún sentido al Estadio 2 perinatal? ¿No es mejor ser castigado por algo —por muy inverosímil que sea, como el pecado original— que serlo por nada? Y el Estadio 3 se parece mucho a lo que debía ser aquella experiencia común, compartida por todos los seres humanos, implantada en nuestras más tempranas memorias y recuperada en ocasiones, como en las epifanías religiosas, como en esas experiencias próximas a la muerte. Es tentador intentar explicar otros complejos motivos religiosos en esos términos. *In útero* no sabemos prácticamente nada. En el Estadio 2, el feto acumula experiencia sobre lo que muy bien puede llamarse posteriormente el mal (y entonces es empujado a abandonar el útero). Es fascinantemente parecido a comer la fruta del conocimiento del bien y el mal y luego ser «expulsado» del Edén.<sup>5</sup> En la famosa pintura de Miguel Ángel que se encuentra en la bóveda de la Capilla Sixtina, ¿es el dedo de Dios el dedo de un obstetra? ¿Por qué el bautismo, especialmente el antiguo bautismo por inmersión total, se considera generalmente como un nuevo y simbólico nacimiento? ¿Es el agua sagrada una metáfora del líquido amniótico? ¿No es acaso todo el concepto del bautismo y la experiencia de «volver a nacer» un reconocimiento explícito de la relación entre el nacimiento y la religiosidad mística?

Si estudiamos las religiones, que se cuentan por miles en el planeta Tierra, quedaremos impresionados por su enorme diversidad. Y comprobaremos con estupor que algunas de ellas son solemnes tonterías. En los detalles doctrinales, es muy raro el acuerdo. Pero muchos buenos y grandes hombres y mujeres han afirmado que tras las aparentes divergencias existe una unidad fundamental e importante; debajo de las idioteces doctrinales existe una verdad básica y esencial. Hay dos tipos muy distintos de actitudes ante los principios religiosos. Por un lado están los creyentes —a menudo crédulos— que aceptan a pies juntillas una religión recibida, aun cuando pueda tener inconsistencias internas o estar en grave contradicción con lo que sabemos acerca del mundo externo y de nosotros mismos. Por otro lado están los escépticos estrictos, quienes consideran que todo este sistema es un fárrago de tonterías propias de débiles mentales. Algunos de los que se consideran sobrios racionalistas se resisten a considerar incluso el enorme volumen de



experiencias religiosas registradas. Estos conocimientos místicos deben significar algo, pero ¿qué? En conjunto, los seres humanos son inteligentes y creativos, capaces de desentrañar misterios. Si las religiones son fundamentalmente estúpidas, ¿por qué tanta gente cree en ellas?

A lo largo de la historia del hombre las religiones burocráticas se han aliado con las autoridades seculares, y normalmente la tarea de inculcar la fe ha reportado beneficios a los gobernantes de turno. En la India, cuando los brahmanes desearon mantener en la esclavitud a los «intocables», propusieron una justificación divina. Argumentos del mismo tipo fueron utilizados por blancos que se hacían llamar *cristianos* para justificar la esclavitud de los negros en la época previa a la guerra civil en el Sur de Norteamérica. Los antiguos hebreos citaban las directrices y el estímulo de Dios para explicar el pillaje y el asesinato al azar que en algunas ocasiones cometieron sobre pueblos inocentes. En la Edad Media, la Iglesia mantenía viva la esperanza de una vida gloriosa después de la muerte entre aquellos que exigían satisfacción por su situación mísera y baja. Los ejemplos pueden multiplicarse hasta el infinito, hasta incluir a casi todas las religiones del mundo. Puede entenderse fácilmente por qué la oligarquía ha favorecido la religión cuando, como ocurre a menudo, la religión justifica la opresión (como hizo Platón, un decidido defensor de la quema de libros, en *La República*). Pero, ¿por qué los oprimidos se apuntan igualmente a esas doctrinas teocráticas?

Me parece que la aceptación general de las ideas religiosas sólo puede explicarse pensando que hay algo en ellas que sintoniza con un cierto conocimiento nuestro, algo profundo y melancólico, algo que todos consideramos central para nuestro ser. Mi propuesta es que ese miedo común es el nacimiento. La religión es fundamentalmente mística: los dioses son inescrutables. Los principios religiosos son atractivos y poco firmes porque, en mi opinión, las percepciones borrosas y las premoniciones vagas son lo más que pueden alcanzar los recién nacidos. Considero que el núcleo místico de la experiencia religiosa no es ni verdadero al pie de la letra, ni perniciosamente equivocado. Es más bien un intento atrevido y defectuoso de tomar contacto con la experiencia más temprana y profunda de nuestras vidas. La doctrina religiosa es difusa en lo fundamental, ya que ninguna persona en el momento de su nacimiento posee la necesaria capacidad para fijar ideas y volverlas a contar para dar una versión coherente del acontecimiento. Todas las religiones que se han mantenido han debido poseer en sus núcleos algo que entrase en resonancia, no explícita y quizá incluso inconsciente, con la experiencia perinatal. Acaso cuando se desvelen las influencias seculares aparecerá que las religiones que más éxito tienen son aquellas que mejor logran esa resonancia.

Las creencias religiosas han resistido con vigor cualquier intento de explicación racional. Voltaire afirmaba que, de no existir Dios, el hombre se vería obligado a inventarlo; y fue denostado por esa afirmación. Freud propuso que un Dios paternalista es en parte nuestra proyección como adultos de nuestras percepciones natales hacia nuestros padres; a su libro sobre la religión le dio el título de *El porvenir de una ilusión*. No fue tan desdeñado como podríamos pensar por sus opiniones, pero tal vez sólo porque ya había demostrado su capacidad al sobrevivir cuando fue desacreditado por introducir ideas tan escandalosas como la sexualidad infantil.

¿Por qué es tan poderosa en la religión la constante oposición a un discurso racional y al argumento razonado? Creo que se debe, en parte, a que nuestras experiencias perinatales habituales son reales, aunque se resisten a un recuerdo preciso. Los seres humanos, y nuestros antepasados y parientes colaterales, como los hombres de Neanderthal, posiblemente sean los primeros organismos de este planeta que han tenido clara conciencia de la inevitabilidad de nuestro propio final. Moriremos, y tenemos miedo de la muerte. Este miedo es de ámbito mundial y transcultural; posiblemente tenga un considerable valor de supervivencia. Los que desean posponer o evitar la muerte pueden lograrlo mejorando el mundo, reduciendo sus peligros, haciendo hijos que vivan una vez estemos muertos, y creando grandes obras por las que ser recordados. Los que proponen un discurso racional y escéptico sobre temas religiosos aparecen como los contestatarios de la tradicional solución al miedo humano ante la muerte, la hipótesis de que el alma vive tras el fallecimiento del

cuerpo.(\*). Como la mayoría de nosotros sentimos fuertemente el deseo de no morir, no hacen que nos sintamos cómodos quienes sugieren que la muerte es el final de todo y que la personalidad y el alma de cada uno de nosotros no ha de sobrevivir. Pero la hipótesis del alma y la de Dios son separables; de hecho, existen culturas en las que puede encontrarse una y no la otra. En cualquier caso, no haremos avanzar la causa humana si nos negamos a considerar las ideas que nos inspiran miedo.

--

(\*)Una variante curiosa aparece en el libro de Arthur Schnitzler, *Flight into Darkness*: «...en todos los momentos de la muerte de cualquier ser, éste revive su pasado a una velocidad inconcebible para los demás. Esta vida recordada debe tener también su último momento, y este su propio último momento, y así sucesivamente y, por tanto, morir es en sí la eternidad y, por tanto, según la teoría de los límites, uno puede acercarse a la muerte sin alcanzarla nunca». De hecho, la suma de una serie infinita de ese tipo es finita y el argumento falla por razones matemáticas, así como por otras, Pero constituye un recordatorio eficaz de que, en ocasiones, nos sentimos predispuestos a aceptar medidas desesperadas que nos eviten afrontar la inevitabilidad de la muerte.

--

No todos los que se plantean preguntas sobre la hipótesis de Dios y la hipótesis del alma son ateos. Un ateo es aquel que tiene la seguridad de que Dios no existe, alguien que dispone de pruebas convincentes en contra de la existencia de Dios. Yo no conozco esas pruebas convincentes. Dado que Dios puede relegarse a tiempos y lugares remotos y a las últimas causas, tendríamos que saber mucho más acerca del universo de lo que hoy sabemos para estar seguros de que no existe ese Dios. Estar seguros de la existencia de Dios, y estar seguros de la inexistencia de Dios me parecen los extremos definitivos de un tema tan repleto de dudas e incertidumbres, que inspira poca confianza pensar en nada definitivo. Podrán admitirse muchas posiciones intermedias y, teniendo en cuenta la enorme carga emocional que pesa sobre el tema, la herramienta esencial para ir cubriendo nuestra ignorancia colectiva sobre la existencia de Dios es una mente abierta, valiente e indagadora.

Cuando doy conferencias sobre ciencia popular o pseudociencia (como las que menciono en los capítulos 5 al 8 de este libro) me preguntan a veces si no debería aplicarse el mismo tipo de crítica a la doctrina religiosa. Evidentemente, mi respuesta es sí. La libertad religiosa, uno de los pilares sobre los que se fundaron los Estados Unidos, es esencial para la libertad de investigación. Pero no conlleva ninguna inmunidad ante la crítica o la reinterpretación para las propias religiones. Sólo aquellos que formulan preguntas pueden descubrir la verdad. No quiero volver a insistir en si estas relaciones entre la religión y la experiencia perinatal son correctas u originales. Muchas de ellas están, por lo menos, implícitas en las ideas de Stanislav Grof y de las escuelas de psiquiatría, especialmente las de Otto Rank, Sandor Ferenczi y Sigmund Freud. Pero vale la pena pensar un poco en ello.

Es obvio que existen muchas más cosas sobre el origen de la religión que las que sugieren estas sencillas ideas. No propongo que la teología sea simplemente fisiología. Pero, suponiendo que seamos efectivamente capaces de recordar nuestras experiencias perinatales, resultaría sorprendente que no afectasen a lo más profundo de nuestras actitudes ante el nacimiento y la muerte, el sexo y la infancia, los medios y los fines, la causalidad y Dios.

Y la cosmología. Los astrónomos estudiosos de la naturaleza del origen y el destino del universo llevan a cabo observaciones complicadas, describen el cosmos en términos de ecuaciones diferenciales y de cálculo tensorial, examinan el universo barriendo desde los rayos X a las ondas de radio, cuentan las galaxias y determinan sus movimientos y distancias... y cuando todo eso ya está, entonces hay que elegir entre tres puntos de vista distintos: una cosmología de Estado Estable, bienaventurado y quieto; un Universo Oscilante, en expansión y contracción, indefinidamente; y un universo en expansión por *Big*

*Bang*, en el que el cosmos se crea en un acontecimiento violento, bañado en radiación («Hágase la luz») y luego crece y se enfría, evoluciona y se hace inactivo, como vimos en el capítulo anterior. Es llamativo que esas tres cosmologías se parezcan con una precisión torpe y casi embarazosa a las experiencias perinatales humanas de los Estadios 1, 2 y 3 más 4, respectivamente.

Resulta muy sencillo para los astrónomos modernos reírse de las cosmologías de otras culturas, por ejemplo, de la idea *dogon* de que el universo era incubado en un huevo cósmico (capítulo 6). Pero a la luz de las ideas que acabo de presentar, voy a ser mucho más prudente en mi actitud con respecto a las cosmologías populares: su antropocentrismo es tan sólo algo más sencillo de discernir que el nuestro. ¿No podrían ser una metáfora amniótica las intrigantes referencias babilonias y bíblicas a aguas "por encima y por debajo del firmamento", que Tomás de Aquino se esforzó tan obstinadamente por reconciliar con la física aristotélica? ¿Somos incapaces de construir una cosmología que no sea una críptica descripción matemática de nuestros orígenes personales?

Las ecuaciones de la relatividad general de Einstein admiten una solución en la que el universo se expande. Pero Einstein, inexplicablemente, desestimó esa solución y optó por un cosmos absolutamente estático, incapaz de evolucionar. ¿Es demasiado obtuso preguntarse si ese descuido tenía orígenes perinatales y no matemáticos? Los físicos y astrónomos mantienen una probada resistencia a aceptar las cosmologías *Big Bang* en las que el universo se expande indefinidamente, aunque los teólogos occidentales convencionales están más o menos satisfechos con la perspectiva. ¿Puede entenderse ese debate, basado casi con toda certeza en predisposiciones psicológicas, en términos «grofianos»?

No sé hasta qué punto se parecen las experiencias perinatales personales y los modelos cosmológicos particulares. Supongo que es excesivo esperar que los inventores de la hipótesis del Estado Estable hayan nacido todos por cesárea. Pero las analogías son muchas y la posible conexión entre la psiquiatría y la cosmología parece ser muy real. ¿Puede ocurrir que cualquier forma posible de origen y evolución del universo corresponda a una experiencia perinatal humana? ¿Somos criaturas tan limitadas que nos vemos incapaces de construir una cosmología que difiera sustancialmente de alguno de los estadios perinatales? (\*) ¿Está nuestra capacidad por conocer el universo encenagada y atascada sin esperanza en las experiencias del nacimiento y la infancia? ¿Estamos predestinados a recapitular nuestros orígenes al pretender comprender el universo? ¿O acaso las observaciones que vamos realizando nos obligaran gradualmente a acomodarnos y a comprender ese amplio y temible universo en el que flotamos, perdidos y valientes, siempre indagando?

--

(\*) Los canguros nacen cuando no son sino embriones y deben emprender, por sí solos, un viaje heroico desde el canal de la vida hasta la bolsa. Muchos no consiguen llegar. Los que lo consiguen vuelven a encontrar un entorno caliente, oscuro y protector, dotado de mamas, invocara la religión de una especie de marsupiales inteligentes a un dios severo e implacable que vigila estrictamente la marsupialidad? ¿Requerirá la cosmología marsupial un breve interludio de radiación en un Big Bang prematuro seguido de una «Segunda Oscuridad» y luego una salida al universo mucho más placida que la que conocemos?

--

Es común que las religiones del mundo atribuyan a la Tierra el carácter de nuestra madre y al cielo el de nuestro padre. Así es con Urano y Gea en la mitología griega, y también entre los nativos americanos, los africanos, los polinesios y, de hecho, entre la mayoría de los pueblos del planeta. Sin embargo, el punto culminante de la experiencia perinatal es el de que *dejamos a nuestras madres*. Lo hacemos primero en el parto y luego cuando nos establecemos en el mundo por nuestra propia cuenta. Por muy penosos que sean esos abandonos, resultan esenciales para la continuidad de la especie humana. ¿Puede tener

algo que ver ese hecho con la atracción casi mística que ejercen los vuelos espaciales, por lo menos en muchos de nosotros? ¿No se trata acaso de un abandono de la Madre Tierra, el mundo de nuestros orígenes, para ir en busca de fortuna entre las estrellas? Esa es precisamente la metáfora visual final de la película *2001: Odisea del espacio*. Konstantin Tsiolkovsky era un maestro de escuela ruso que formuló muchos de los pasos teóricos que se han dado desde entonces en el desarrollo de la propulsión por cohetes y de los vuelos espaciales. Tsiolkovsky escribió: «*La Tierra es la cuna de la humanidad. Pero uno no vive para siempre en la cuna*».

Estamos abocados irremediabilmente, en mi opinión, a recorrer un camino que nos lleva a las estrellas (a menos que, en una monstruosa capitulación ante la estupidez y la codicia, nos autodestruyamos primero). Y allí, en las profundidades del espacio, parece muy probable que, antes o después, encontremos otros seres inteligentes. Algunos de ellos estarán menos adelantados que nosotros; otros, posiblemente la mayoría, lo estarán más. Me pregunto si todos esos seres espaciales tendrán nacimientos dolorosos. Los seres más avanzados tendrán aptitudes muy superiores a nuestra capacidad de comprensión. En un sentido muy real, nos parecerán algún tipo de dios. La especie humana tendrá que esforzarse mucho para crecer. Quizá nuestros descendientes en aquellos tiempos remotos volverán hacia atrás sus ojos, hacia el largo y errante viaje que recorriera la raza humana desde sus orígenes vagamente recordados en el lejano planeta Tierra, y recopilarán nuestras historias personales y colectivas, nuestro idilio con la ciencia y la religión, con claridad, comprensión y amor.

LOS DRAGONES DEL EDÉN  
Especulaciones sobre la evolución de la inteligencia humana  
CARL SAGAN

Este libro no podrá ser reproducido, ni total ni parcialmente, sin el previo permiso escrito del editor. Todos los derechos reservados.

Título original: *The dragons of Edén*

Traducción: Rafael Andreu

Revisión: Doménech Bergadá

©Carl Sagan, 1997

© De esta edición Editorial Planeta DeAgostini. S.A. 2003

© Edición especial para Editorial Televisa. S.A. de C.V. 2003

ISBN: 84-674-0460-4

## Agradecimientos

*Escribir un libro sobre un tema tan alejado de la propia especialidad es, en el mejor de los casos, aventurado. Aun así, como he intentado explicar, la tentación fue irresistible. Sean cuales sean las virtudes de este libro, se deben en gran parte a los hombres de ciencia que han realizado la investigación básica de la que vamos a ocuparnos, y también, a los biólogos y especialistas en ciencias sociales que tuvieron el gesto de leer y dar réplica a mis razonamientos. Estoy muy reconocido al difunto L. S. B. Leakey y a Hans Lukas Teuber por sus comentarios críticos y estimulantes contrastes de opiniones, y también a Joshua Lederberg, James Maas, John Eisenberg, Bernard Campbell, Lester y David Grinspoon, Stephen Jay Gould, William Dement, Geoffrey Bourne, Philip Morrison, Charles Hockett, Ernest Hartmann, Richard Gregory, Paul Rozin, Jon Lomberg, Timothy Ferris y, muy en especial, a Paul MacLean. Aprecio en ¡o que vale la minuciosa atención que algunos de ellos dispensaron a este texto, así como la obtenida de Anne Freedgood, directora editorial de la obra, y de Nancy Inglis, encargada de la revisión de originales, una y otra del equipo editorial de Random House, en la lectura de las primeras redacciones del libro. Creo inútil manifestar que ninguno de ellos tiene parte alguna en los errores que se hayan podido deslizar en mi estudio. Deseo también dar las gracias a Linda Sagan y a Sally Forbes por la labor de documentación realizada en la búsqueda de ilustraciones. Asimismo, quiero agradecer a diversos colegas que me hayan dejado consultar sus trabajos antes de darlos a la luz pública, y a Don Davis la confección de la sobrecubierta de la edición original de esta obra, que no pretende ser representación literal de una época geológica en concreto, sino simple alegoría de algunas de las ideas que expongo en el presente libro. Parte de mi trabajo ha sido posible gracias al año sabático que me ha concedido la Universidad de Cornell. También agradezco muy de veras la hospitalidad recibida de L. E. H. Trainor, M. Silverman, C. Lumsden y Andrew Baines, rector del New College, todos ellos ligados a la Universidad de Toronto. La revista Natural History ha publicado amplios extractos del primer capítulo. Por lo demás, algunos de los conceptos expuestos fueron presentados en un coloquio organizado conjuntamente por el Instituto de Higiene Mental de Massachusetts y el Departamento de Psiquiatría de la Facultad de Medicina de Harvard, y también en una de las conferencias del ciclo que patrocina la Fundación L. S. B. Leakey en el Instituto de Tecnología de California. En la redacción de este libro desempeña un papel importante la labor mecanográfica de Mary Roth y, muy en especial, la meticulosa y reiterada transcripción mecanográfica de los múltiples borradores efectuada por Shirley Arden.*

Me temo que la principal conclusión que se desprende de la lectura de este libro, a saber, que el hombre desciende de una forma orgánica de rango inferior, irritará grandemente a muchas personas. Sin embargo, no cabe duda de que somos la progenie evolucionada de criaturas primitivas. Jamás olvidaré la sensación de pasmo que me invadió al contemplar por vez primera a un grupo de fueguinos en una bravia y desolada zona costera, porque en seguida me vino a la mente la semejanza de nuestros antecesores con aquellos salvajes. Iban completamente desnudos, la piel pintarrajeada, el largo cabello enmarañado y echaban espumarajos por la boca a causa de la turbación que experimentaban. Su semblante, sobresaltado y receloso, tenía expresión de ferocidad. No conocían arte ni oficio alguno y, cual alimañas, vivían de lo que cazaban. No poseían organización social y se mostraban implacables para con todos los que no pertenecieran a su reducida tribu. Quien haya visto a un salvaje en su entorno natural no sentirá excesivo rubor si se ve obligado a reconocer que por sus venas fluye la sangre de criaturas de un orden más bajo. En lo que a mí concierne, prefiero descender del heroico monito que se plantó ante su más temido enemigo para salvar la vida de su cuidador o del viejo babuino que descendió de la montaña y arrebató triunfalmente a un camarada más joven de los dientes de una sorprendida jauría, que de un salvaje que halla placer en torturar a sus enemigos, que ofrece sacrificios sangrientos, comete infanticidios sin el menor escrúpulo, trata a sus mujeres como esclavas, no conoce el decoro y es víctima de las más necias supersticiones.

Al hombre se le puede disculpar que experimente cierto orgullo por haber escalado, aunque no con su esfuerzo, la cúspide de la jerarquía orgánica. Por otra parte, el hecho de que haya ascendido a dicho puesto, de que no se encontrase en él desde un buen principio, le permite concebir esperanzas de alcanzar en un futuro lejano objetivos aún más encumbrados. Pero lo que ahora importa no son las esperanzas ni los temores, sino solamente la verdad, en la medida en que nuestra razón nos permita desvelarla. He procurado presentar las pruebas recogidas lo mejor que he sabido, y en mi opinión, resulta forzoso reconocer que el hombre, a pesar de las nobles cualidades que le adornan, de la compasión que muestra hacia los más menesterosos, de su bondad no sólo para con los otros hombres, sino también para con las criaturas más insignificantes, de su intelecto divino y de que ha llegado a elucidar los movimientos y constitución del sistema solar, a pesar de todo ello, digo, el hombre aún lleva impresa en su estructura corpórea la huella indeleble de su humilde origen.

CHARLES DARWIN, *El origen del hombre*

Hermano soy de los dragones y amigo de las lechuzas  
(Job, 30,29)

## Introducción

En buena lógica, ¿no debería la mente del orador conocer la sustancia del tema sobre el que se dispone a hablar?

PLATÓN, *Fedro*

No sé de un solo tratado, antiguo o moderno, que pueda proporcionarme una explicación convincente del medio físico que me rodea. La mitología es lo que más se acerca a lo que anda buscando.

HENRY DAVID THOREAU, *The Journal*

Jacob Bronowski forma parte del reducido grupo de hombres y mujeres que en el transcurso de la historia se han sentido atraídos y han logrado acceder a toda la gama del saber humano: las letras, las ciencias, la filosofía y la psicología. Bronowski rebasa el ámbito de la especialización en una sola disciplina para sobrevolar el vasto panorama de la erudición humana. Su libro, *The ascent of man*, adaptado también para la televisión, constituye un soberbio instrumento educativo a la par que un notable tributo al pasado. En cierto modo viene a relatarnos la evolución paralela del ser biológico y del ser intelectual.

El último capítulo de la obra y episodio final de la serie televisiva, titulado «La dilatada infancia», hace referencia al vasto periodo de tiempo —mucho más prolongado en los individuos de nuestra especie que en los de cualquier otra si tomamos como referencia la duración total de sus respectivas vidas— en que el niño permanece bajo la dependencia del sujeto adulto y su gran plasticidad, es decir, la capacidad que posee para adaptarse al entorno físico y cultural. Casi todos los organismos terrestres actúan en buena medida conforme al legado genético de que son portadores y que ha sido «previamente transmitido» al sistema nervioso del individuo, siendo la información extragenética recogida en el curso de su vida un factor secundario.

Sin embargo, en el caso del hombre y de los demás mamíferos sucede exactamente lo contrario. Sin desconocer el notable influjo del legado genético en nuestro comportamiento, nuestros cerebros ofrecen muchísimas más oportunidades de establecer nuevos modelos de conducta y nuevas pautas culturales en cortos periodos de tiempo que en cualquier otro ser vivo. Por decirlo de algún modo, hemos concertado un pacto con la naturaleza según el cual el difícil proceso de maduración del niño viene compensado por su capacidad de aprendizaje, lo que incrementa en gran manera las posibilidades de supervivencia de la especie humana. A más abundamiento, el ser humano, en la restringida y más reciente fase de su largo devenir biológico-intelectivo, se ha procurado no sólo información extragenética, sino también conocimientos extrasomáticos, o sea, información acumulada fuera de nuestro cuerpo, fenómeno del que la escritura constituye el ejemplo más significativo. Las transformaciones evolutivas o genéticas se consuman al cabo de extensos periodos de tiempo. Para determinar el intervalo que media entre la aparición de una especie superior a partir de su antecedente podría tomarse como base un periodo de cien mil años; por lo demás, con frecuencia las diferencias de comportamiento entre especies animales muy próximas —leones y tigres, por ejemplo— no parecen ser muy considerables. Una muestra de evolución reciente de un elemento corporal en el hombre la tenemos en los dedos del pie. El dedo gordo desempeña una función importante en la conservación del equilibrio al andar, pero el papel de los restantes dedos no es, ni muchísimo menos, tan manifiesto. Es indudable que estos dedos son un elemento evolucionado de los apéndices digitales que algunos animales, como los simios y los monos trepadores, utilizan para aferrarse o maniobrar ágilmente. Este ejemplo de evolución constituye una re-especialización, es decir, la adaptación de un órgano primitivamente evolucionado para una función específica a otra muy distinta, que no se materializó por completo hasta transcurridos unos diez millones de años. (Los pies del gorila de las montañas han seguido una evolución pareja, aunque enteramente autónoma.)

Hoy, sin embargo, no es preciso aguardar diez millones de años en espera de que se produzca la próxima mutación. Vivimos una época de cambios acelerados sin precedentes, y puesto que estos cambios son en buena parte obra humana, es imposible soslayarlos. No queda más alternativa que ajustarse, adaptarse al cambio, controlarlo o perecer.

Probablemente, sólo un mecanismo de aprendizaje extragenético puede afrontar el rapidísimo proceso de transformación que soporta la especie humana. En este sentido, la rápida evolución del intelecto humano que hoy se observa es, por un lado, la causa, y por otro, la única solución concebible a los muchos y graves problemas que nos acechan. Creo de veras que una mejor comprensión de la naturaleza y evolución de la inteligencia humana puede ayudarnos a enfocar con lucidez los peligros ignotos que sin duda esconde el futuro.

Otra de las razones que me han movido a interesarme por el tema de la evolución del factor cognoscitivo es que



hoy, por vez primera en la historia, disponemos de un poderoso instrumento que permite establecer comunicación a través de las inmensas distancias interestelares. Me refiero al radiotelescopio de gran alcance. Aunque un tanto a ciegas y con paso vacilante, hemos empezado a utilizarlo a ritmo creciente para dilucidar si existen otras civilizaciones ubicadas en extraños mundos, a distancias inimaginables, que están enviando radiomensajes a la tierra. Tanto la existencia de dichas civilizaciones como la naturaleza de los hipotéticos mensajes que tal vez transmitan sólo se conciben en la universalidad de la evolución del cerebro humano tal como se ha producido en nuestro planeta. De ahí que parezca lógico suponer que el estudio de la evolución del ser racional en la Tierra permitirá obtener pistas o perspectivas que arrojen un poco de luz a la investigación sobre la existencia de seres inteligentes en el espacio extraterrestre.

Me complació en extremo inaugurar el ciclo de conferencias sobre filosofía natural dedicado a la memoria de Jacob Bronowski que organizara la Universidad de Toronto en noviembre de 1975.

Durante la redacción del presente libro amplí de manera sustancial el ámbito de lo tratado en dicha conferencia, procurándome a cambio la estimulante oportunidad de ampliar conocimientos sobre temas que no son de mi especialidad. Sentí el irresistible impulso de sintetizar parte de los conocimientos adquiridos dentro de un marco coherente y de avanzar algunas hipótesis sobre la naturaleza y la evolución del intelecto humano que tal vez aporten alguna idea original y que, por lo menos, por lo menos, ofrecen un terreno que no ha sido estudiado con amplitud.

Tarea ímproba, ya que si bien poseo estudios académicos de biología y llevo años investigando sobre el origen y primeros estadios evolutivos de los organismos vivos, carezco de conocimientos sólidos, por poner un ejemplo, en los terrenos de la anatomía y fisiología cerebrales. En consecuencia, al exponer las ideas que siguen lo hago con cierto sentimiento de inseguridad, consciente de que muchas de ellas entran en el terreno de la especulación y sólo pueden aceptarse o desecharse una vez sometidas a verificación. En todo caso, esta labor de análisis me ha ofrecido la oportunidad de atisbar un tema fascinante. Quizá las observaciones que formulo induzcan a otros a profundizar en su estudio.

El postulado capital de la biología, aquel que a tenor de nuestros conocimientos nos permite distinguir entre ciencias biológicas y ciencias físicas, es la idea de evolución a través de la selección natural, el trascendental hallazgo que realizaron Charles Darwin y Alfred Russel Wallace a mediados del siglo XIX.

Desde que tuviera lugar el famoso debate Victoriano entre el obispo Wilberforce y T. H. Huxley se han disparado inútilmente continuas andanadas contra las ideas sostenidas por Darwin y Wallace, a menudo inducidas por aquellos en posesión de hachas doctrinales que amolar. La evolución es un hecho ampliamente demostrado por los restos fósiles y los hallazgos de la moderna biología molecular. La bien conjuntada teoría de la selección natural tiene por objeto explicar el fenómeno de la evolución. Se hallará una muy ponderada respuesta a las críticas formuladas en fechas recientes a la teoría en cuestión, incluso a la peregrina opinión de que la selección natural es una tautología («Los que sobreviven, sobreviven»), en el artículo de Gould, publicado en 1976, reseñado en las referencias bibliográficas expuestas al final de la obra. Darwin era, indiscutiblemente, un hombre de su época, y por ello mismo proclive — como traslucen sus comentarios sobre los habitantes de la Tierra del Fuego citados al principio del libro — a establecer comparaciones autocomplacientes entre los pueblos europeos y otras comunidades étnicas. A decir verdad, las sociedades del período pretecnológico se parecían más a los hospitalarios, gregarios y civilizados bosquimanos cazadores y recolectores del desierto del Kalahari que a los fueguinos a los que Darwin, no sin cierta justificación, tenía en tan bajo aprecio. Sin embargo, las percepciones darwinianas en torno a la evolución, la selección natural como causa primera de aquella y la incidencia de estos conceptos en la configuración de la naturaleza del ser humano, constituyen auténticos jalones en la historia de la investigación científica, tanto más cuanto que en la Inglaterra victoriana — y también hoy, aunque en menor medida — estas ideas chocaron con una recalcitrante oposición.

Las perfeccionadas y espléndidas formas de vida que hoy conocemos han ido configurándose a través de la selección natural, o dicho en otros términos, la reproducción y supervivencia prioritarios de los individuos de cada especie accidentalmente más adaptados a su medio. La evolución de un órgano tan complejo como el cerebro debe enlazar inextricablemente con las etapas primerizas de la historia de la vida, con su vacilante progreso e insalvables valladares, con la tortuosa adaptación de los organismos vivos a condiciones cambiantes que una y otra vez ponen en trance de extinción formas de vida que en su origen estuvieron perfectamente adaptadas al medio. La evolución es fortuita y escapa a todo pronóstico. Tan sólo la muerte de un inmenso número de organismos mal adaptados nos permite a nosotros dar testimonio de vida.

La biología se asemeja más a la historia que a la física. Queremos decir con ello que las calamidades, errores y circunstancias favorables del pasado prefiguran en gran manera el presente. Al abordar una cuestión biológica tan intrincada como es la naturaleza y evolución de la inteligencia humana estimo, como mínimo, prudente conceder un valor sustancial a los razonamientos derivados de la evolución que ha experimentado el cerebro humano.

En lo que atañe al cerebro, parto de la premisa fundamental de que su actividad, lo que a veces solemos denominar «pensamiento», es mera y exclusiva consecuencia de su anatomía y fisiología. Quizá el «pensamiento» sea el resultado de la acción, separada o conjunta, de los componentes del cerebro, mientras que ciertos procesos pueden ser consecuencia de la actuación del cerebro en bloque. Por lo visto, algunos estudiosos del tema han llegado a la conclusión de que ninguna futura generación de neuroanatomistas podrá aislar y localizar todas las funciones superiores del cerebro puesto que ellos han fracasado en el empeño. Pero la ausencia de pruebas no es prueba válida de la ausencia. La historia reciente de la biología demuestra sin lugar a dudas que en buena medida somos el resultado de las interacciones de un complejísimo conglomerado molecular. Hoy, la naturaleza del material genético, antaño sanctasanctórum de la biología, se explica básicamente en función de los procesos químicos que desarrollan los ácidos nucleicos que lo constituyen, el ADN y el ARN, y de sus elementos activos, las proteínas. En el ámbito de la ciencia y sobre todo en el de la biología, se observa con frecuencia que los individuos más familiarizados con los entesijos de una cuestión tienden a sustentar criterios más empecinados (y a la postre erróneos) sobre la hipotética inasequibilidad del tema que quienes lo contemplan desde cierta distancia. Por otra parte, me doy perfecta cuenta de que si este

alejamiento es excesivo se corre el riesgo de confundir lo que no es sino ignorancia con supuesta percepción del problema. Sea como fuere, amparándome tanto en la clara tendencia que se observa en los más recientes progresos de la biología como en el hecho de que no se dispone de la menor prueba que la sustente, omitiré en estas páginas toda mención a la hipótesis acerca de lo que acostumbraba a conocerse como el dualismo cuerpo-mente, o sea, la noción de que en el interior de la sustancia corpórea material se contiene otra de muy distinta composición llamada mente.

Parte del estímulo y hasta del goce que uno halla en el estudio de la cuestión radica en el nexo que guarda con todas las áreas del esfuerzo humano, en especial la posible interacción de los conocimientos obtenidos del estudio de la fisiología del cerebro con las percepciones derivadas de la introspección humana. Por suerte, existe un cuantioso legado de estas últimas. En un pasado remoto, las más ricas, intrincadas y profundas de tales percepciones se denominaban mitos. «Los mitos son hechos jamás acaecidos pero siempre presentes», dijo Salustio en el siglo IV. En los diálogos platónicos, y también en *La República*, observamos que cada vez que se aborda un punto de vital importancia, Sócrates echa mano de un mito (recuérdese la parábola de la cueva, por aducir el ejemplo más conocido). Y conste que no me refiero aquí al vocablo «mito» entendido en el sentido que normalmente se le otorga, como un hecho que aun siendo contrario a la realidad natural goza de amplia aceptación en el seno de una colectividad, sino que lo utilizo en su acepción primigenia de metáfora sutil referida a una cuestión que no puede explicarse de otro modo. En consonancia con lo dicho, el lector hallará, entremezcladas con las disquisiciones objeto de estas páginas, alusiones esporádicas a mitos antiguos y modernos. Incluso el título de esta obra se debe a la sorprendente idoneidad de diversos mitos tradicionales y contemporáneos.

Aunque albergo la esperanza de que algunas de las conclusiones que expongo atraigan el interés de las personas dedicadas al estudio del intelecto humano, debo aclarar que, en principio, este libro va destinado al profano interesado en la materia. En el capítulo II se vierten conceptos algo más densos que en el resto de mi estudio. Aun así, confío en que el lector podrá salvar el obstáculo con un pequeño esfuerzo suplementario. De lo dicho se infiere que el libro no es de difícil lectura. Como norma general, los vocablos técnicos que aparecen ocasionalmente se definen antes de entrar en materia y, además, han sido incorporados al glosario de términos que figura al final del libro. Las tablas, cuadros, gráficos y esquemas son elementos auxiliares que, junto con el mentado glosario, facilitarán la comprensión del libro a los que no posean estudios en materia científica. Por lo demás sospecho que la correcta interpretación de las ideas expuestas no va a suponer que el lector esté de acuerdo con ellas.

En el año 1754, Jean-Jacques Rousseau escribía en el primer párrafo del *Discurso sobre el origen y la desigualdad de los hombres*:

Aunque para poder discernir con acierto el estado natural del hombre importa estudiarlo en sus orígenes ... no voy a seguir su organización a través de las sucesivas fases que ha conocido ... Sobre este particular no haría sino perderme en imprecisas y casi visionarias conjeturas. Hasta el momento, la anatomía comparada no ha progresado gran cosa, y las observaciones de los naturalistas me parecen demasiado endebles para ser utilizadas como plataforma válida sobre la que erigir una argumentación sólida.

Las prevenciones de Rousseau, formuladas hace más de dos siglos, siguen teniendo vigencia. No obstante, se han producido significativos avances en la investigación tanto de la anatomía del cerebro como de la conducta del hombre y de los animales, aspectos que Rousseau, muy atinadamente, conceptuaba de vital importancia en el marco de la cuestión. Tal vez ya no sea prematuro intentar una síntesis de carácter preliminar.

# El calendario cósmico

¿Qué otra cosa vislumbra  
en la oscura lejanía, allá en el abismo del tiempo?

SHAKESPEARE, *La tempestad*

**E**l mundo es viejísimo y el ser humano sumamente joven. Los acontecimientos relevantes de nuestras vidas se miden en años o fracciones de tiempo aún más pequeñas, en tanto que la duración de una vida humana se reduce a unos pocos decenios, el linaje familiar a unos cuantos siglos y los hechos que registra la historia a unos milenios. Y, sin embargo, se extiende a nuestras espaldas un fantástico panorama temporal que se pierde en un pasado remotísimo del que apenas sabemos nada. En primer lugar, porque no poseemos testimonios escritos, y en segundo lugar porque resulta muy difícil hacerse una idea de la inmensidad de los periodos involucrados.

Aun así hemos logrado fechar algunos hitos de este remoto pasado. La estratificación geológica y la fijación de cronología en base al empleo de métodos radiactivos aportan datos sobre las distintas etapas arqueológicas, paleontológicas y geológicas. La teoría astrofísica suministra información sobre la edad de los planetas, las estrellas y la galaxia de la Vía Láctea, así como una estimación del tiempo transcurrido desde que acaeció este trascendental suceso conocido como el *big bang*, es decir, la gigantesca explosión cósmica que afectó a toda la materia y la energía del universo. Quizás el *big bang* fuera el principio del universo, o puede que supusiera una discontinuidad que acabó con toda información sobre los más remotos orígenes del cosmos. Pero lo indudable es que constituye el fenómeno más remoto del que se tiene noticia.

Para expresar la cronología cósmica nada más sugerente que comprimir los quince mil millones de años de vida que se asignan al universo (o, por lo menos, a su conformación actual desde que acaeciera el *big bang*) al intervalo de un solo año. Si tal hacemos, cada mil millones de años de la historia terrestre equivaldrían a unos veinticuatro días de este hipotético año cósmico, y un segundo del mismo correspondería a 475 revoluciones efectivas de la Tierra alrededor del Sol. En las páginas 23 a 25 presento la cronología cósmica de tres formas: una relación de fechas significativas anteriores al mes de diciembre; un calendario del mes de diciembre y una visión más pormenorizada de la Nochevieja, o sea del 31 de diciembre. Si se toma como base esta escala temporal, las efemérides narradas en los libros de historia — aun en aquellos que se esfuerzan en ampliar la visión de los hechos— se nos presentan tan apretujados que es necesario recurrir a una exposición detallada de los últimos segundos del año cósmico. Aun así, nos vemos obligados a reseñar como sucesos contemporáneos hechos que se nos ha enseñado a considerar muy distanciados en el tiempo. Es probable que en los anales de la vida se hayan producido acontecimientos igualmente cruciales en otros periodos, como, por ejemplo, entre las 10.02 y las 10.03 de la mañana del 6 de abril o del 16 de septiembre. Pero lo cierto es que tan sólo podemos ofrecer una visión pormenorizada del postrer intervalo del año cósmico.

La cronología se ha confeccionado de acuerdo con las pruebas más consistentes de que disponemos. No obstante, algunas resultan bastante inseguras. Por ello, nadie debe extrañarse si un día llega a determinarse que la vegetación no empezó a cubrir la superficie de la Tierra en el periodo silúrico, sino en el ordoviciense; o que los gusanos segmentados aparecieron en una fase del precámbrico más temprana de lo que se indica. Asimismo, es obvio que al confeccionar la cronología de los últimos diez segundos del año cósmico no me fue posible incluir todos los sucesos de relieve, y en este sentido espero que se me perdone el no haber mencionado de manera explícita los progresos acaecidos en el campo de las artes, la música, la literatura, o, en otro orden, las revoluciones americana, francesa, rusa y china, tan cargadas de significación histórica.

## FECHAS ANTERIORES A DICIEMBRE

El <i>big bang</i> (la «gran explosión»)	1 de enero
Origen de la galaxia de la Vía Láctea	1 de mayo
Origen del sistema solar	9 de septiembre
Formación de la Tierra	14 de septiembre
Origen de la vida en la Tierra	~ 25 de septiembre
Formación de las rocas más antiguas conocidas	2 de octubre
Época de los fósiles más antiguos (bacterias y algas verdiazules)	9 de octubre
Diferenciación sexual (en los microorganismos)	~ 1 de noviembre

Plantas fotosintéticas fósiles más antiguas	12 de noviembre
Aparecen las eucariotas (primeras células con núcleo) ~ = fecha aproximada	15 de noviembre

La elaboración de estas tablas y cuadros cronológicos inclina forzosamente a la humildad. Así, resulta desconcertante que la aparición de la Tierra como producto de la condensación de la materia interestelar no acaezca en este año cósmico hasta primeros de septiembre; que los dinosaurios aparezcan en Nochebuena; que las flores no broten hasta el 28 de diciembre o que el ser humano no haga acto de presencia hasta las 22.30 de la víspera de Año Nuevo. La historia escrita ocupa los últimos diez segundos del 31 de diciembre, y el espacio transcurrido desde el ocaso del Medioevo hasta la época contemporánea es de poco más de un segundo. En virtud de la convención adoptada, se supone que el primer año cósmico acaba de tocar a su fin.

Pero, a pesar del intervalo insignificante que nos corresponde en la tabulación cósmica del tiempo, es obvio que lo que vaya a ocurrir en la Tierra y en su entorno al iniciarse el segundo año cósmico, dependerá en buena medida del nivel que alcance la ciencia y de la sensibilidad del género humano en su más prístina manifestación.

¿Con qué martillo? ¿Con qué cadena? ¿En qué horno se ha fundido tu cerebro? ¿Con qué yunque? ¿A qué temible garra sus atroces angustias le impulsaron a sujetarse?

WILLIAM BLAKE, «El Tigre»

De todos los animales, el hombre es el que tiene el cerebro más grande en proporción a su tamaño.

ARISTÓTELES, *De las partes de los animales*

La evolución biológica ha venido acompañada de un incremento de la complejidad. Los organismos más perfeccionados hoy existentes en la Tierra contienen un caudal de información, tanto genética como extragenética, mucho mayor que la de los más complejos organismos de, pongamos por caso, doscientos millones de años atrás, cifra que supone tan sólo la vigésima parte de la historia de la vida en nuestro planeta, o cinco días atrás, si tomamos como base el calendario cósmico. Los organismos actuales más simples tienen un pasado evolutivo tan denso como los de mayor complejidad, aunque bien pudiera ser que la bioquímica interna de las bacterias contemporáneas sea más eficiente que la de las bacterias de hace tres mil millones de años. En cambio, es probable que el monto de información genética de las actuales bacterias no sea mucho mayor que el de sus antecesoras. Así pues, es sumamente importante distinguir entre el caudal de información y la calidad de dicha información.

1 EL CALENDARIO CÓSMICO	
31 de diciembre	
Origen del <i>Procónsul</i> y del <i>Ramapithecus</i> , probables ascendientes del simio y del hombre	~ 13.30
Aparición del primer hombre	~ 22.30
Uso generalizado de los útiles de piedra	23.00
El hombre de Pekín aprende a servirse del fuego	23.46
Empieza el último periodo glacial	23.56
Pueblos navegantes colonizan Australia	23.58
Florece el arte rupestre en toda Europa	23.59
Invencción de la agricultura	23.59.20
Cultura neolítica. Primeros poblados	23.59.35
Primeras dinastías en Sumer, Ebla y Egipto.	
Grandes avances de la astronomía	23.59.50
Invencción del alfabeto. Imperio acadio. Babilonia y los códigos de Hammurabi. Egipto: Imperio Medio	23.59.52
Metalurgia del bronce. Cultura micénica. Guerra de Troya. Cultura olmeca. Invencción de la brújula	23.59.53
Metalurgia del hierro. Primer Imperio asirio.	
Reino de Israel. Los fenicios fundan Cartago	23.59.54
La India de Asoka. China: dinastía Chi'n. La Atenas de Pericles. Nacimiento de Buda	23.59.55
Geometría euclidiana. Física de Arquímedes. Astronomía ptolemaica. Imperio romano. Nacimiento de Jesucristo	23.59.56
La aritmética india introduce el número cero y los decimales. Caída de Roma. Conquistas musulmanas	23.59.57
Civilización maya. China: dinastía Sung. Imperio bizantino. Invasión mongólica. Las Cruzadas	23.59.58
La Europa del Renacimiento. Viajes de descubrimiento de los países europeos y de la dinastía china de los Ming. La ciencia y el método empírico	23.59.59
Formidable expansión de la ciencia y de la tecnología. Universalización de la cultura. Adquisición de los medios de autodestrucción de la especie humana. Primeros pasos en la exploración planetaria mediante vehículos espaciales y en la búsqueda de seres inteligentes en el espacio extraterrestre	Tiempo presente: Primer segundo del Año Nuevo

Llamamos taxones a las distintas formas biológicas. Las clasificaciones taxonómicas más genéricas distinguen entre plantas y animales, o entre organismos cuyas células tienen un núcleo muy poco desarrollado (por ejemplo, bacterias y algas verdiazules) y aquellos en los que el núcleo se presenta claramente diferenciado y posee una compleja estructura (caso de los protozoos y del hombre). Sin embargo, todos los organismos del planeta, tanto si tienen o no un núcleo

definido, poseen cromosomas, en los que se almacena el material genético transmitido de generación en generación. Las moléculas transmisoras de los caracteres hereditarios son, en todo los organismos, los ácidos nucleicos. Salvo contadas excepciones, por lo demás secundarias, el ácido nucleico depositario de la información hereditaria es la molécula llamada ADN (ácido desoxirribonucleico). También cabe conceptuar como entidades taxonómicas diferenciadas otras divisiones más finas de varios tipos de plantas y animales en especies, subespecies y razas.

Una especie es un grupo de individuos que pueden cruzarse dando descendencia fértil, situación que no se produce al cruzarse con organismos de otros grupos. El cruce de perros de distintas razas origina cachorros que, una vez adultos, estarán en condiciones de reproducirse. Pero el apareamiento de dos especies distintas, incluso tratándose de especies tan próximas como el caballo y el asno, origina una descendencia estéril (en este caso, la muía). De aquí que asnos y caballos se clasifiquen como dos especies distintas. A veces se producen apareamientos, viables como tales pero infecundos, de especies más diferenciadas —leones y tigres, por ejemplo—, y aunque en rarísimas ocasiones la progenie tiene capacidad reproductiva, ello no indica sino que la definición de especie es un tanto confusa. Todos los hombres somos individuos de la especie *Homo sapiens*, optimista apelativo latino que significa «hombre sabio». Nuestros probables antecesores, el *Homo erectus* y el *Homo habilis* —a la sazón extintos—, se clasifican como pertenecientes al mismo género (*Homo*) pero a diferente especie, aunque nadie, por lo menos en fecha reciente, ha intentado investigar si el cruce de uno y otro con individuos de nuestra especie podría haber originado una progenie fértil.

En la antigüedad dominaba la idea de que se podía obtener descendencia a partir de cruces entre organismos de muy distinta naturaleza. La mitología nos dice que el Minotauro muerto por Teseo era fruto de un toro y de una mujer, y el historiador romano Plinio manifiesta que el avestruz, recién descubierto por aquel entonces, era producto del cruce de una jirafa con un mosquito. (Debo suponer que lo sería del apareamiento de una jirafa hembra y un mosquito macho.) Es indudable que muchos apareamientos no deben haber sido intentados en la práctica por una comprensible falta de incentivos.

En el presente capítulo aludiremos repetidas veces al gráfico de la página 32. La curva de un trazo continuo muestra el momento en que aparecen por vez primera algunos importantes grupos taxonómicos. Ni que decir tiene que existen muchos más taxones que los representados por los escasos puntos que aparecen en la gráfica. Con todo, la curva ilustra de forma clara la gran cantidad de puntos que se necesitarían para representar en la figura las decenas de millones de taxones que han surgido desde que la vida hizo su aparición en el planeta. Los grupos taxonómicos más importantes, aquellos que han evolucionado más recientemente, son por regla general los más complejos.

El análisis del comportamiento de un organismo, esto es, el número de funciones que está llamado a ejecutar en el curso de la vida, permite hacerse una idea de su grado de complejidad. Con todo, este factor también puede determinarse atendiendo al mínimo caudal de información que contiene el material genético del organismo de que se trate. Un cromosoma humano, por ejemplo, contiene una larguísima molécula de ADN arrollada de forma helicoidal, con lo que ocupa un espacio mucho más reducido del que necesitaría en el caso de que se presentara completamente extendida. Dicha molécula de ADN está fragmentada en bloques o unidades autónomas unidos de forma similar a los peldaños de una escala de cuerda. Dichas unidades reciben el nombre de nucleótidos, de los que existen cuatro variedades. El lenguaje de la vida, el caudal de información hereditario, viene determinado por las diferentes disposiciones de los cuatro tipos de nucleótidos distintos. Así pues, podemos decir que el lenguaje de la herencia está escrito en un alfabeto de sólo cuatro letras.

Pero el libro de la vida es muy pródigo y, así, una molécula de ADN cromosómico del hombre está integrada por unos cinco mil millones de pares de nucleótidos. Las instrucciones genéticas de los restantes taxones terrestres están escritas en el mismo lenguaje y con el mismo código. Es evidente, pues, que este lenguaje genético común constituye un indicio de que todos los organismos de la Tierra tienen un solo antecesor, de que en el planeta se produjo una única manifestación de vida hace aproximadamente cuatro mil millones de años.

Por regla general, el volumen informativo de cada mensaje viene representado en unidades llamadas bits, contracción del término inglés *binary digits* (dígitos binarios). El sistema aritmético más sencillo que existe no utiliza diez dígitos (como hacemos nosotros en virtud del accidente evolutivo que nos otorgó diez dedos), sino tan sólo dos, el 0 y el 1. Toda pregunta definida de manera suficiente es susceptible de ser respondida con un solo dígito binario, sea el 0 o el 1, es decir con un «sí» o un «no». En el supuesto de que el código genético estuviera escrito en un alfabeto con dos letras, en vez de en otro con cuatro, el número de bits contenido en una molécula de ADN equivaldría al doble de pares de nucleótidos. Pero dado que existen cuatro clases distintas de nucleótidos, el número de bits de información contenidos en la citada molécula de ADN es el cuádruple del número de pares de nucleótidos. Por lo tanto, si un solo cromosoma tiene cinco mil millones ( $5 \times 10^9$ ) de nucleótidos, contendrá veinte mil millones ( $2 \times 10^{10}$ ) de bits de información. (El símbolo  $10^9$  nos indica simplemente la unidad seguida de un determinado número de ceros; en el caso que nos ocupa, nueve.)

¿Qué cantidad de información suponen veinte mil millones de bits? ¿Cuál sería su equivalente si esta cifra se plasmara en un libro corriente escrito en un idioma moderno? Por regla general, los alfabetos de las distintas lenguas poseen de veinte a cuarenta letras, a los que debe añadirse de doce a veinticinco numerales y signos de puntuación. Por lo tanto, la mayoría de idiomas no requerirían más de sesenta y cuatro caracteres. Puesto que  $2^6$  es igual a 64 ( $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2$ ), bastarían seis bits para configurar una letra o signo. Imaginemos que llegamos a esta determinación mediante una especie de juego de las «Veinte preguntas», en el que cada respuesta equivale al empleo de un solo bit para una pregunta a la que se contesta escuetamente con un «sí» o con un

«no». Supongamos que el carácter que deseamos especificar es la letra J. Para ello, procederíamos del siguiente modo:

PRIMERA PREGUNTA: ¿Se trata de una letra (0) o de otro signo (1)?

RESPUESTA: De una letra (0). SEGUNDA PREGUNTA: ¿Forma parte de la primera mitad (0) o

de la segunda mitad (1) del alfabeto? RESPUESTA: De la primera mitad (0). TERCERA PREGUNTA: ¿Se encuentra entre las siete primeras

letras (0) de las trece que forman la primera mitad del

alfabeto, o entre las seis restantes (1)? RESPUESTA: Entre las seis últimas (1). CUARTA PREGUNTA: Tomando las seis últimas letras (H, I, J,

K, L, M, N), ¿forma parte de la primera mitad (0) o de la

segunda mitad (1)? RESPUESTA: De la primera mitad (0). QUINTA PREGUNTA: Tomando dichas letras (H, I, J), ¿es la H

(0) o bien la I o la J (1)? RESPUESTA: La I o la J (1).

SEXTA PREGUNTA: ¿Se trata de la I (0) o de la J (1)? RESPUESTA: De la J (1).

En consecuencia, especificar la letra J equivale al código binario 001011, con la salvedad de que no ha sido necesario formular veinte preguntas, sino seis, y es este detalle el que nos permite afirmar que para determinar una letra dada bastan solamente seis bits. Por tanto, veinte mil millones de bits corresponden poco más o menos a tres mil millones de letras ( $2 \times 10^{16} = 3 \times 10^9$ ). Si una palabra consta por término medio de seis letras, el volumen de información que admite un cromosoma humano se eleva a unos quinientos millones de palabras ( $3 \times 10^7 = 5 \times 10^*$ ). Si la página corriente de un libro contiene alrededor de trescientas palabras, la cantidad antedicha nos daría unos dos millones de páginas ( $5 \times 10^7 \times 10^2 \approx 2 \times 10^6$ ). Teniendo en cuenta que, por término medio, un libro contiene quinientas páginas de esta índole, el caudal informativo de un solo cromosoma es el equivalente a unos cuatro mil volúmenes ( $2 \times 10^7 \times 10^2 = 4 \times 10^3$ ). De lo dicho se desprende claramente que la secuencia de segmentos de la cadena de ADN que antes mencionábamos supone un formidable acopio de datos. Por lo demás, es natural que para especificar un objeto de tan exquisita construcción y complejo funcionamiento como el ser humano se requiera un caudal informativo tan inmenso. Los organismos simples son menos complejos y tienen menos funciones que realizar, de ahí que necesiten un menor acopio de información genética. Los computadores de los módulos del *Viking I* y *II* que se posaron sobre Marte en 1976 habían sido previamente programados con un volumen de instrucciones de algunos millones de bits. Por tanto, ambos vehículos espaciales contenían un poco más de «información genética» que una bacteria, pero muchísima menos que un alga.

El gráfico de la página siguiente nos muestra también la cantidad mínima de información genética de las moléculas de ADN en diversos grupos taxonómicos. La suma asignada a los mamíferos es inferior a la del ser humano, por la sencilla razón de que la mayor parte de ellos poseen menos información genética que el hombre. En el seno de algunas categorías taxonómicas —caso, por ejemplo, de los anfibios— el volumen de información genética varía considerablemente de una especie a otra, y se sospecha que buena parte de su ADN es redundante o carece de función específica. Este es el motivo de que en la gráfica conste solamente la cantidad *mínima* de ADN que contiene un taxón determinado.

En la gráfica se observa que hace tres mil millones de años el acopio de información de los organismos terrestres experimentó un marcado incremento, y que a partir de entonces el volumen de información genética ha ido aumentando lentamente. También se aprecia que si para poder sobrevivir el hombre necesita bastante más de varias decenas de miles de millones (varias veces  $10^6$ ) de bits de información, los sistemas extragenéticos deberán ser los encargados de facilitarle la cantidad complementaria; la velocidad con que se desarrollan los sistemas genéticos es tan lenta que el ADN no puede suministrar este suplemento de información biológica.

El gráfico muestra la evolución del acopio de información contenida en los genes y en el cerebro durante la historia de la vida en la Tierra. La curva de trazo grueso, jalonada por puntitos negros, representa el número de bits de información contenido en los genes de diversos grupos taxonómicos, de los que se muestra, también, la época de su aparición en la crónica geológica del planeta. Debido a las variaciones en la cantidad de ADN de una célula para ciertos grupos taxonómicos, sólo reseñamos en el gráfico el contenido *mínimo* de información correspondiente a un taxón determinado. Los datos se han tomado de la obra de Britten y Davidson (1969). La curva de trazo discontinuo, flanqueada o cortada por puntos en blanco, constituye una estimación aproximada de la evolución de la cantidad de información contenida en el cerebro y el sistema nervioso de los organismos en cuestión. La información que almacena el cerebro de los anfibios y otros animales de orden inferior caería fuera del margen izquierdo de la figura. También se muestra el número de bits de información contenido en el material genético de los virus, a pesar de que no se ha demostrado fehacientemente que los virus se originaran hace varios miles de millones de años. Cabe en lo posible que los virus hayan evolucionado en una etapa más reciente, por pérdida de funciones, a partir de bacterias u otros organismos más complejos. En el supuesto de que deseáramos ubicar la información extrasomática que se procura el hombre (bibliotecas, etc.), el punto correspondiente caería mucho más allá de la parte inferior del margen derecho de la figura.

El material básico de la evolución son las mutaciones, es decir, los cambios hereditarios producidos en las cadenas

de nucleótidos que se encargan de elaborar las instrucciones hereditarias en la molécula de ADN. Causas de mutación son la radiactividad ambiental, los rayos cósmicos del espacio, y, a menudo, el azar, que altera espontáneamente la disposición de los nucleótidos en contra de las previsiones formuladas sobre una base estadística. Los enlaces químicos se rompen accidental y espontáneamente. Hasta cierto punto el propio organismo regula las mutaciones, ya que posee la facultad de reparar determinados daños estructurales causados a su contingente de ADN. Hay, por ejemplo, una serie de moléculas que supervisan el ADN para detectar una posible deterioración de las mismas. Cuando se descubre una alteración particularmente nociva, ésta queda bruscamente cortada por una especie de «tijeras» moleculares, lo que permite recomponer el ADN. Con todo, esta facultad regeneradora no es, no conviene que sea, perfecta, puesto que la evolución necesita de las mutaciones. La mutación sobrevenida en una molécula de ADN del cromosoma de una célula de la piel del dedo índice no tiene influjo en la herencia, ya que los dedos de la mano no intervienen, por lo menos de una manera directa, en la propagación de la especie. Lo que sí influye son las mutaciones en los gametos, los óvulos y las células germinales, que son los agentes de la reproducción sexual.

De manera fortuita, ciertas mutaciones beneficiosas suministran el material de base que impulsa la evolución biológica, como, por ejemplo, la mutación que aporta melanina a determinada especie de mariposas nocturnas, con el consiguiente cambio de coloración del blanco al negro. Por regla general, esta clase de mariposas nocturnas se posa en el tipo de abedul que se da en Inglaterra, donde la coloración blanca del insecto le procura un camuflaje protector. En este caso la mutación de la melanina no supone una ventaja, pues las mariposas con pigmentación negra destacan visiblemente y son engullidas por los pájaros. Se trata, pues, de una mutación perjudicial. Pero cuando a raíz de la revolución industrial la corteza del abedul empezó a cubrirse de hollín, la situación cambió radicalmente, y sólo las mariposas que habían experimentado la mutación antedicha sobrevivieron. En este caso nos hallamos ante una mutación beneficiosa y, andando el tiempo, la mayor parte de las mariposas nocturnas adquieren la pigmentación negra, rasgo hereditario que se transmite a las futuras generaciones. De vez en cuando también se producen «retromutaciones» que destruyen la adaptación inducida por la melanina y que serían beneficiosas para el insecto si se pudiera poner término a la contaminación industrial que padece Gran Bretaña.

Obsérvese que en esta interacción entre mutación y selección natural, la mariposa nocturna no realiza un *esfuerzo* consciente para adaptarse a los cambios del medio físico. Se trata de un proceso fortuito, sólo verificado por apreciaciones estadísticas.

Los organismos de mayor tamaño, como el hombre, sufren por término medio una ni más ni menos por cada diez gametos, o sea, que existe un 10 por 100 de probabilidades de que una célula germinal o reproductora haya registrado un cambio transmisible por herencia en las instrucciones genéticas que han de configurar la estructura de la siguiente generación. Son mutaciones acaecidas al azar y casi siempre nocivas, pues es raro que un mecanismo de precisión mejore como resultado de un cambio fortuito en las instrucciones para construirlo.

Por otra parte, muchas de las mutaciones aludidas tienen carácter recesivo, es decir, no se manifiestan de forma inmediata. Con todo, el índice de mutación es a la sazón tan elevado que, al decir de diversos biólogos, si aumentase la cantidad de ADN genético se producirían índices de mutación demasiado altos. Si aumentara nuestra dotación de genes, sobrevendrían numerosos desajustes con excesiva frecuencia.

1. Hasta cierto punto el ritmo de mutación viene a su vez regulado por la selección natural, como se desprende del ejemplo aducido sobre las «tijeras moleculares». Pero es muy probable que exista un índice de mutabilidad mínimo e irreductible. 1.º) para que tengan lugar: suficientes expendidos genéticos y la selección natural en acción, y 2.º) como elemento equilibrador de las mutaciones producidas, supongamos, por los rayos cósmicos y los más eficaces mecanismos «restauradores» de la célula.

Si ello es así, tiene que existir un «techo» en cuanto al volumen de información genética que puede tener cabida en el ADN de los organismos más complejos. Por el mero hecho de su existencia, dichos organismos deben poseer considerables recursos de información extragenética. En todos los animales superiores, a excepción del hombre, esta información se contiene casi exclusivamente en el cerebro.

¿Cómo se distribuye la información contenida en el cerebro? Examinemos los dos puntos de vista más antagónicos acerca de la función del cerebro. Según unos, el cerebro, o por lo menos su capa más superficial, la corteza cerebral, es equipotente, o sea que cualquier parte de la misma puede realizar las funciones de las demás, por lo que no cabe hablar de localización de funciones. La segunda teoría afirma que el cerebro es un entramado de conexiones y que, por tanto, las funciones cognitivas específicas están localizadas en zonas muy concretas del cerebro. El estudio de los computadores parece indicar que la verdad radica en un punto medio entre ambos extremos. Por una parte, toda estimación no mística de la función cerebral debe relacionar la fisiología con la anatomía y cada función específica debe subsumirse en unos módulos neurales concretos u otras estructuras cerebrales. Por otra, y con objeto de asegurar la esmerada ejecución de cada función y prevenir eventuales fallos, cabe suponer que la selección natural ha desarrollado una redundancia considerable en la función cerebral. Y lo mismo cabe esperar del curso evolutivo más probablemente seguido por el cerebro.

La redundancia de memoria almacenada quedó claramente probada gracias a los experimentos de Karl Lashley, un psiconeurólogo de Harvard que extirpó considerables porciones de la corteza cerebral de ratas sin que los roedores olvidaran el trazado, previa mente asimilado, de un laberinto. De los referidos experimentos se infiere que una misma memoria ha de estar forzosamente localizada en múltiples partes del cerebro. Hoy sabemos que determinados recuerdos



se canalizan a través de un conducto denominado cuerpo caloso, que comunica los hemisferios cerebrales derecho e izquierdo.

Según Lashley, tampoco se apreciaron cambios en el comportamiento general de las ratas tras serles extirpada una porción considerable, digamos un 10 por 100, de cerebro. Aun así, habría que consultar al animalito y preguntarle su opinión al respecto. Aclarar inequívocamente la cuestión requeriría un estudio minucioso del comportamiento social de las ratas, de sus hábitos para procurarse alimentos y de su reacción ante el acoso de un felino. Hay cantidad de hipotéticas alteraciones que podrían ser consecuencia de tales extirpaciones y que, aun cuando no se hicieran evidentes al investigar de forma inmediata, serían de gran trascendencia para la rata, como, por ejemplo, el interés que suscita un individuo atractivo en otro del sexo opuesto después de la extirpación, o el grado de apatía que acredita el roedor frente a un gato al acecho.

. Incidentaimeme, como prueba de la influencia de las películas de dibujos animados en la vida norteamericana, vuélvase a leer el párrafo en que se habla de la rata y sustituyase este término por el de «ratón». Luego compruebe si aumenta de sopetón la simpatía hacia este incomprendido roedor expuesto incesantemente al bistrú de los investigadores.

Se arguye a veces que el seccionamiento o las lesiones de partes importantes de la corteza cerebral en el hombre — como tras practicar una lobotomía prefrontal bilateral o a resultas de un accidente— apenas repercuten en su comportamiento. Sin embargo, no debe perderse de vista que determinadas formas de conducta humana no se aprecian claramente desde el exterior, y a veces incluso pasan inadvertidas al propio sujeto. Ciertas percepciones y actividades, como la creatividad, se dan muy raramente. La asociación de ideas que llevan aparejados los actos del genio creativo, por insignificantes que sean, requieren al parecer el despliegue de múltiples recursos del cerebro. Es indiscutible que estos actos creativos son rasgo distintivo de nuestra civilización y del hombre como especie animal. Con todo, en muchos individuos se producen raramente y es muy posible que ni el sujeto que padece la lesión cerebral ni el médico que le examina perciban su ausencia.

Si bien es inevitable una considerable redundancia o duplicación de las funciones cerebrales, podemos asegurar casi con certeza que la hipótesis de la equipotencia integral es falsa, y la mayor parte de los neurofisiólogos contemporáneos la han rechazado. En cambio, no resulta fácil descartar la hipótesis de un cierto grado de equipotencia (como sería, por ejemplo, sostener que la memoria es una función de la corteza cerebral en bloque) aunque, como tendremos ocasión de ver, también ésta puede rebatirse.

Esta muy generalizada la idea de que la mitad del cerebro o más no entra en funciones. Desde un punto de vista evolutivo sería esta una circunstancia realmente anómala y cabría preguntarse por qué hubo proceso de evolución si a esta porción del cerebro no le corresponde función alguna. La verdad, empero, es que tal aseveración no se asienta en pruebas sólidas y que, una vez más, se formula tomando como base que numerosas lesiones cerebrales, generalmente de la corteza, no tienen repercusión manifiesta en el comportamiento. Esta teoría no toma en cuenta (1) la posibilidad de redundancia funcional, ni (2) el hecho de que determinados actos humanos se gestan a niveles de conciencia muy recónditos. Así, las lesiones del hemisferio derecho de la corteza cerebral pueden menoscabar pensamiento y acción, pero en dominios que no son los de la expresión oral y que, por definición, son de difícil descripción, tanto por parte del médico como del paciente.

Por otra parte, existen abundantes pruebas que demuestran el carácter local de las funciones cerebrales. Por ejemplo, se ha determinado que debajo de la corteza existen áreas cerebrales específicas relacionadas con el apetito, el sentido del equilibrio, la regulación térmica, la circulación de la sangre, los movimientos sincronizados y la respiración. Uno de los estudios clásicos sobre las funciones superiores del cerebro lo constituyen los experimentos del netirocrujano canadiense Wilder Penfield, quien ha investigado los efectos de la estimulación eléctrica de diversas partes de la corteza cerebral, por lo general tratando de aminorar los síntomas de dolencias tales como la epilepsia psicomotora. Los pacientes, tras una ligera estimulación eléctrica de determinadas zonas del cerebro, acreditaron rememorar percepciones olfativas, auditivas o visuales ya experimentadas en el pasado.

Uno de los casos tipo podría ser el del paciente al que después de serle practicada una craneotomía afirma haber escuchado con todo detalle la interpretación de una composición orquestal cuando se estimula eléctricamente su corteza cerebral a través del electrodo de Penfield. Cuando Penfield indicaba al paciente, que por norma siempre permanecía despierto durante los experimentos, que le estaba estimulando la corteza cuando en realidad no era así, el enfermo, indefectiblemente, señalaba que no había a su mente recuerdos de ninguna especie. Pero cuando Penfield provocaba sin previo aviso una estimulación eléctrica de la corteza, surgía o continuaba determinada evocación. Por ejemplo, había pacientes que decían experimentar una emoción concreta, una sensación de familiaridad o la remembranza plena de una experiencia acaecida muchos años atrás, todo ello de forma simultánea, pero no conflictiva, con la conciencia de estar en un quirófano conversando con el cirujano. Aunque algunos enfermos aludían a estas rememoraciones como «pequeños sueños», lo cierto es que no aparecía en ellos el simbolismo característico de toda ensoñación. Estas explicaciones han sido facilitadas casi exclusivamente por epilépticos, pero cabe dentro de lo posible, aunque en manera alguna se haya demostrado, que en circunstancias similares también los no epilépticos tengan reminiscencias perceptibles de la misma especie.

En un caso de estimulación eléctrica del lóbulo occipital, que está relacionado con la vista el paciente dijo estar viendo revolotear una mariposa con tan palpable verismo que, recostado como estaba en la mesa de operaciones, extendió su mano para atraparla. En el curso de un experimento parejo, realizado con un mono, el animal miraba con fijeza, como si tuviera un objeto ante sus ojos, hasta que realizó un brusco ademán con la mano derecha, como si quisiera aprehender alguna cosa, para luego contemplar con manifiesto desconcierto su mano vacía.

La estimulación eléctrica indolora de por lo menos algunas zonas cerebrales provoca una avalancha de

recuerdos concretos. Sin embargo, la supresión del tejido cerebral que está en contacto con el electrodo no borra la memoria. Es difícil resistirse a la conclusión de que, por lo menos en el hombre, la memoria de los distintos sucesos se acumula en alguna región de la corteza cerebral, en espera de que el cerebro la reclame mediante impulsos eléctricos, que, por supuesto, genera normalmente el propio órgano cerebral.

Si la memoria es una función de la corteza cerebral en bloque —más bien una especie de reverberación dinámica o estereotipo de ondas electromagnéticas estacionarias de sus partes constituyentes que acumulación estática en compartimientos estancos del cerebro— quedaría explicada la supervivencia de recuerdos aun después de haber sufrido el cerebro lesiones graves. Sin embargo, los indicios apuntan en dirección contraria. En una serie de experimentos llevados a cabo por el neurofisiólogo norteamericano Ralph Gerard, de la Universidad de Michigan, se enseñó a unos hámsters a recorrer un sencillo laberinto. A continuación los animalitos fueron sometidos a temperaturas de casi cero grados en un congelador, sometidos a una especie de hibernación artificial. Las bajas temperaturas hicieron que cesara toda actividad eléctrica detectable en el cerebro de los hámsters. Si la teoría de una memoria dinámica hubiese sido cierta, el experimento hubiera debido borrar del cerebro de los hámsters la retentiva del trazado del laberinto. Sin embargo, tras su descongelación, los hámsters recuperaron la memoria. A lo que parece, la memoria se halla localizada en regiones específicas del cerebro, y el hecho de que no sufra menoscabo después de lesiones cerebrales importantes demuestra que existe un suplemento residual de memoria estática almacenada en diversas áreas de la masa cerebral.

Penfield, ampliando los hallazgos de los investigadores precedentes, también descubrió la existencia de una notable localización funcional en la corteza motora. Determinadas partes de las capas superficiales de nuestro cerebro envían o reciben señales a/de ciertas partes del cuerpo. En las páginas 40 y 41 se ofrecen dos croquis de la corteza motórica y sensorial según Penfield. En ellos se refleja con claridad la importancia proporcional de las distintas partes de nuestro cuerpo. La gran extensión de área cerebral que corresponde a los dedos —sobre todo el pulgar—, así como a la boca y a los órganos del habla, corresponde exactamente a lo que en el plano fisiológico, y por vía del comportamiento, nos diferencia de la inmensa mayoría de las restantes especies animales. Sin el habla no habríamos desarrollado nuestro saber ni nuestra cultura, y sin las manos no hubieran sido posibles los portentosos avances técnicos del hombre ni sus creaciones monumentales. En cierto modo, el esquema de la corteza motora es una fiel representación de nuestra condición humana.

Pero en la actualidad las pruebas que poseemos acerca de la localización de las funciones son aún mucho más sólidas. En una brillante serie de experimentos, David Hubel, de la Facultad de Medicina de Harvard, descubrió la existencia de formaciones reticulares de células cerebrales que responden selectivamente a la percepción ocular de una serie de líneas orientadas según diversas direcciones. Así, existen células que detectan líneas horizontales, otras las verticales, unas terceras las diagonales, y cualquiera de ellas sólo resulta estimulada cuando percibe líneas con la orientación apropiada. Por tanto, ya se han registrado ciertos indicios indudables de pensamiento abstracto en las células cerebrales.

La existencia de regiones específicas del cerebro relacionadas con funciones cognoscitivas, sensoriales y motoras concretas, hace innecesaria la existencia de una perfecta correlación entre masa cerebral e inteligencia. Determinadas partes del cerebro son, a todas luces, más importantes que otras. Entre los cerebros de mayor tamaño se cuentan, por ejemplo, los de personajes como Oliver Cromwell, Ivan Turguenev y Lord Byron, todos ellos hombres de gran talento, pero no, en cambio, el de Albert Einstein, que tenía un cerebro de tamaño corriente. El cerebro de Anatole France, hombre de inteligencia superior a la media, era la mitad de grande que el de Byron.

Homúnculos sensorial y motor, según Penfield. Se trata de dos esbozos gráficos de la especialización de funciones en la corteza cerebral. Las figuras humanas distorsionadas muestran la atención que la corteza concede a los distintos órganos del cuerpo humano. Cuanto mayor es la parte del cuerpo expuesta, más importancia reviste. El croquis del «homúnculo sensorial» muestra dicha área somática, que recibe información neural de las partes del cerebro que se representan. El croquis del «homúnculo motor» corresponde a la transmisión de impulsos del cerebro al cuerpo.

El recién nacido posee un cerebro muy grande en proporción al tamaño del cuerpo (un 12 por 100, poco más o menos). Durante los tres primeros años de su vida, o sea el periodo en que el niño aprende con mayor rapidez, el cerebro, y en especial la corteza, continúan creciendo muy rápidamente. Al cumplir los seis, el niño posee ya el 90 por 100 de la masa encefálica que tendrá como adulto. El peso medio de la masa encefálica del hombre actual es de unos 1.375 gramos. Dado que la densidad del cerebro, como la de todos los tejidos corporales, es aproximadamente la del agua (un gramo por centímetro cúbico), el volumen de un cerebro de estas características sería de 1.375 cm<sup>3</sup> algo menos de un litro y medio. (Un centímetro cúbico tiene, poco más o menos, el volumen del ombligo de un hombre adulto.)

El volumen del cerebro de la mujer es alrededor de 150 cm<sup>3</sup> menor. Si se toman en cuenta las carencias ambientales y educacionales, no existen indicios sólidos de diferencias intelectuales cabales entre los individuos de uno y otro sexo. Consideramos, pues, que una diferencia de peso de 150 gramos en el cerebro de los individuos de la especie humana carece de relieve. También entre los adultos de las distintas razas humanas se dan parecidas diferencias. Por término medio, el cerebro de los orientales es un poco más grande que el de los blancos, y puesto que tampoco en este

caso se ha demostrado que, en igualdad de condiciones, existan diferencias en cuanto al nivel de inteligencia, la conclusión es la misma. La gran diferencia de peso entre los cerebros de Lord Byron (2.200 gramos) y de Anatole France (1.100 gramos) indica que, dentro de estos límites, una diferencia de incluso varios centenares de gramos no tiene, funcionalmente hablando, trascendencia alguna.

Por otra parte, el adulto microcéfalo, es decir, el individuo que nace con un cerebro pequeño» experimenta un grave menoscabo en sus facultades cognoscitivas. Por término medio, su masa cerebral es de 450 a 900 gramos, la masa encefálica de un recién nacido es corrientemente de 350 gramos, y la de un niño de un año, de 500 gramos aproximadamente. Es evidente que descendiendo en la escala de las masas cerebrales, llega un momento en que dicha masa es tan reducida que su actividad, comparada con la de un ser humano adulto que posea un cerebro de tamaño normal, se verá seriamente menoscabada.

Por lo demás, en los seres humanos existe una correlación esta dística entre el peso o tamaño del cerebro y la inteligencia. Como se desprende del ejemplo antes expuesto, concerniente al tamaño de los cerebros de Byron y de Anatole France, la relación entre ambos aspectos no es biunívoca. En ningún caso podemos afirmar taxativamente cuál es el grado de inteligencia de un individuo, hombre o mujer, tomando en cuenta solamente el tamaño de su cerebro. Sin embargo, como ha demostrado Leigh van Valen, biólogo evolucionista de la Universidad de Chicago, los datos de que disponemos nos inclinan a pensar que, por término medio, existe una correlación bastante estrecha entre el tamaño del cerebro y la inteligencia del individuo. ¿Significa esto que en algún caso el tamaño del cerebro es factor *determinante* de la inteligencia? ¿No es posible, por ejemplo, que la desnutrición del individuo, sobre todo del feto en el útero o durante la primera infancia, origine a la vez una merma del tamaño del cerebro y una disminución del nivel intelectual, sin que uno de estos factores sea causante del otro? Van Valen pone de manifiesto que la correlación entre el tamaño del cerebro y el grado de inteligencia en el ser humano es más exacta que la supuesta correlación entre la inteligencia y la estatura o el peso corporal del individuo adulto, que se sabe vienen mediatizados por una alimentación insuficiente. Por lo demás, no existe la menor duda de que la desnutrición puede originar un deterioro de la inteligencia. En fin, dejando al margen estas repercusiones, parece posible afirmar hasta cierto punto que a mayor tamaño del cerebro, en términos absolutos, mayores son las probabilidades de que el individuo alcance un grado superior de inteligencia.

Los físicos, al explorar zonas vírgenes del ámbito intelectual, han considerado útil realizar estimaciones sobre los órdenes de magnitud. Se trata de cálculos aproximados que esbozan el problema y sirven de guía a ulteriores estudios, sin que pretendan alcanzar una exactitud extrema. En lo que atañe al tema de la relación entre masa del cerebro e inteligencia, está claro que en el presente estadio de la ciencia no es posible efectuar una reseña de la función de cada centímetro cúbico de cerebro. Cabe preguntarse, empero, si habrá algún medio, por tosco que sea, de relacionar masa cerebral e inteligencia.

Es precisamente en este contexto donde las diferencias de masa cerebral entre individuos de ambos sexos ofrecen interés, porque, en general, la mujer es más baja y tiene una masa corpórea más reducida que el hombre. Cabe preguntarse, pues, si teniendo menos masa corpórea que controlar, la mujer necesita también un cerebro más pequeño. Ello implicaría suponer que la proporción entre masa del cerebro y masa total del organismo es un baremo más adecuado para medir la inteligencia que la estimación del valor absoluto de la masa cerebral.

En este diagrama se coteja la masa cerebral con la masa corpórea de primates, mamíferos, aves, peces, reptiles y dinosaurios. El diagrama se ha compuesto tomando como base la obra de Jerison (1973) y se han añadido algunos puntos correspondientes a los dinosaurios y miembros de la familia humana a la sazón extintos.

En el diagrama de la página 44 se muestra la masa cerebral y la masa corpórea de diversas especies animales. Se aprecia una notable diferencia de los peces y reptiles frente a las aves y mamíferos. Éstos presentan una considerable masa cerebral en proporción a la masa o peso corporal. El cerebro de los mamíferos puede llegar a pesar de diez a cien veces más que el de los reptiles actuales de tamaño equivalente. En cuanto a las diferencias entre mamíferos y dinosaurios, todavía son más abultadas. Se trata de diferencias realmente asombrosas y sistemáticas. Habida cuenta de que el hombre es un mamífero, es probable que alberguemos algún que otro prejuicio acerca de la proporción que guarda la inteligencia de los mamíferos con la de los reptiles. Con todo, creo que existen abundantes pruebas de que los mamíferos son, en todos los casos, mucho más inteligentes que los reptiles. (En el gráfico de la página 46 se nos muestra una insólita excepción; se trata de un dinosaurio del suborden de los terópodos, semejante al avestruz, perteneciente al último periodo del cretáceo, cuya proporción entre cerebro y masa corpórea le sitúa en una zona normalmente reservada a las grandes aves y a los mamíferos menos inteligentes. Sería interesante conocer muchos más datos acerca de esta, criaturas estudiadas por Dale Russell, director de la división de Paleontología de los Museos Nacionales de Canadá.) De este diagrama, también se infiere que los primates, grupo taxonómico en el que se incluye el hombre, se diferencian, aunque no de forma tan sistemática, de los restantes mamíferos. El cerebro de los primates es por término medio, de dos a veinte veces más grande que el de los mamíferos no primates de idéntica masa corporal.

Si examinamos con más detenimiento el citado diagrama y seleccionamos un grupo de animales, observaremos los resultados en la página 46. De todos los organismos reseñados en el gráfico el animal que posee el cerebro más grande en proporción al peso del cuerpo es una criatura llamada *Homo sapiens*, al que le siguen los delfines.

Si nos atendemos al criterio de la proporción entre masa cerebral y masa corporal los tiburones son los más inteligentes especímenes de la fauna piscícola, circunstancia congruente con el papel que la naturaleza asigna a esos cretáceos, ya que los depredadores del mar deben ser más inteligentes que los comedores de plancton. Tanto por lo que representa al progresivo aumento de la masa cerebral en proporción al peso del cuerpo como concerniente a la formación de centros coordinadores en los tres principales componentes de los cerebros, la evolución de los tiburones se ha desarrollado, curiosamente, de forma paralela a

la evolución de los vertebrados superiores en tierra firme.

Una vez más, creemos que no vamos a pecar de chauvinistas si afirmamos, en base a los indicios que nos suministran sus respectivos comportamientos, que el hombre y el delfín cuando menos dos de los organismos más inteligentes de la Tierra. Ya Aristóteles reparó en la importancia de la proporción, entre cerebro y masa corporal. En la actualidad, el principal defensor de esta teoría es Harry Jenson, neuropsiquiatra de la Universidad de California en Los Angeles. Jenson indica que existen algunas excepciones a nuestra correlación. Tal sucedería con la musaraña enana de Europa, que alberga una masa cerebral de 100 miligramos en un cuerpo de 4,7 gramos, de lo que resulta una proporción que la sitúa en la escala del hombre. Consideramos, empero, que no cabe aplicar la correlación masa-inteligencia a los animales de escasa envergadura corpórea, porque la más simple de las funciones «de manutención» del cerebro requiere un porcentaje mínimo de masa cerebral.

He aquí una ampliación detallada de algunos de los puntos del diagrama de la página 44. El sauromitoide corresponde a la especie de reptil parecido al avestruz que se menciona en el texto.

La masa cerebral de un cachalote maduro, pariente cercano del delfín, es de casi 9.000 gramos, o sea seis veces y media mayor que la usual en el hombre. Es una masa insólita en términos absolutos, pero no (cotéjese con el gráfico superior) si atendemos a la proporción entre tamaño del cerebro y envergadura del organismo. Con todo, la masa cerebral de las especies más gigantescas de dinosaurio representa el 1 por 100 de la que ostenta el cachalote. ¿Para qué necesita este cetáceo disponer de un cerebro tan enorme? ¿Existen estudios, percepciones, artes, ciencias o leyendas en torno a la figura del cachalote?

La pauta de la proporción entre masa cerebral y masa corpórea, en la que no intervienen apreciaciones de conducta, ha demostrado ser un baremo sumamente útil para medir la inteligencia proporcional de muy distintas especies animales. Es lo que un físico llamaría «un primer enfoque satisfactorio». (Conviene tomar nota, déjese a posteriores referencias, que los australopitecos, que o bien fueron antecesores directos del hombre o, por lo menos, de una rama muy afín, tenían también un cerebro considerable en proporción al peso del organismo, como demuestran los moldes obtenidos de cráneos fosilizados). Me pregunto si el singular atractivo de los niños de corta edad y de otros pequeños mamíferos —con cabezas proporcionalmente muy grandes comparadas con la de los individuos adultos de la misma especie— se debe a que tenemos una conciencia oculta de la importancia que reviste esa proporción cerebro-masa corpórea.

De lo dicho hasta el momento se deduce que la evolución de los mamíferos a partir de los reptiles, ocurrida hace más de doscientos millones de años, vino acompañada de un notable incremento del tamaño relativo del cerebro y de la inteligencia, y que la evolución del hombre a partir de los primates más simples, ocurrida unos cuantos millones de años atrás, impulsó un proceso de cerebración todavía más asombroso.

El cerebro humano (dejando a un lado el cerebelo, que no parece tenga intervención en las funciones cognoscitivas) contiene alrededor de diez mil millones de elementos conmutadores llamados neuronas. (El cerebelo, situado debajo de la corteza cerebral, en la parte posterior de la cabeza, contiene aproximadamente otros diez millones de neuronas.) Los flujos eléctricos generados por y a través de las neuronas o células nerviosas llevaron al anatomista Luigi Galvani al descubrimiento de la electricidad. Galvani había comprobado que se podían enviar impulsos eléctricos a las ancas de la rana y que aquéllas se contraían espasmódicamente. Desde entonces se extendió la idea de que la electricidad era la causa de la motricidad animal en su acepción más profunda. A lo sumo, esta es una verdad a medias. Los impulsos eléctricos, transmitidos por conducto de las fibras nerviosas, producen efectivamente, por intermedio de agentes neuroquímicos, movimientos tales como la articulación de los miembros; pero los impulsos se generan en el cerebro. Sin embargo, la moderna ciencia de la electricidad, así como las industrias eléctricas y electrónicas, ven el origen de su actividad en los experimentos de estimulación eléctrica y subsiguiente contracción nerviosa de las ancas de las ranas llevados a cabo en el siglo XVIII.

Pocos decenios después de la muerte de Galvani, un grupo de escritores ingleses bloqueado en los Alpes por los rigores invernales decidió, como pasatiempo, ver cuál de sus componentes era capaz de escribir el relato más alucinante. Fue así como Mary Wollstonecraft Shelley, que formaba parte del grupo, escribió la archiconocida historia del monstruo del doctor Frankenstein, que cobra vida al serle aplicadas intensas descargas eléctricas. Desde entonces, el instrumental y los artificios eléctricos han sido ingrediente indispensable en la ambientación de las novelas y películas de terror. La idea de que estos elementos sean tan importantes para la creación de la vida humana arranca básicamente de Galvani, pero resulta un tanto equívoca, pese a lo cual el concepto ha tomado carta de naturaleza en numerosas lenguas occidentales. Así, puedo afirmar que me he sentido *galvanizado* por el afán de escribir este libro.

En general, los neurobiólogos estiman que las neuronas son los elementos activos de la función cerebral, si bien existen indicios de que determinados tipos de memoria y otras funciones cognoscitivas pueden estar ubicadas en ciertas moléculas del cerebro, tales como el ARN o las proteínas de reducido peso molecular. A cada neurona cerebral le corresponden aproximadamente diez células gliales o neurogliales (de la denominación griega de la cola o visco), que constituyen el andamiaje de la construcción neuronal. Por término medio una neurona del cerebro humano posee entre 1.000 y 10.000 sinapsis o puntos de contacto con las neuronas más próximas. (Parece que muchas neuronas de la médula espinal poseen alrededor de 10.000 sinapsis, y es posible que las llamadas células de Purkinje, en el cerebelo,

tengan todavía más. En cuanto al número de conexiones por neurona en la corteza cerebral, es probable que sean menos de diez mil.) En el supuesto de que cada sinapsis responda a una cuestión elemental con un simple «sí» o «no», al igual que los elementos de conmutación de las computadoras electrónicas, resultaría que el máximo de respuestas en uno u otro sentido, o bits de información, que podría contener el cerebro sería, poco más o menos, de  $10^{10} \times 10^3 = 10^{13}$ , esto es, 10 billones de bits (o 100 billones =  $10^{14}$  bits, si partimos de  $10^4$  sinapsis por neurona). Algunas de dichas sinapsis contienen probablemente la misma información que otras sinapsis; otras guardarán relación con funciones motoras u otras funciones no cognoscitivas; finalmente, las habrá vacías de contenido, actuando como amortiguadores en espera del flujo informativo de la próxima jornada.

Si el cerebro humano tuviera una sola sinapsis —lo que correspondería a un individuo de monumental estupidez— no podríamos alcanzar más que dos estados mentales. Si las sinapsis fueran dos, tendríamos  $2^2 = 4$  estados; si fueran tres,  $2^3 = 8$  estados, y siguiendo esta progresión, a  $n$  sinapsis corresponderían  $2^n$  estados. Pero el caso es que el cerebro humano contiene alrededor de  $10^{13}$  sinapsis, por lo que el número de estados mentales que puede alcanzar el hombre es de  $2^{10^{13}}$ , o sea, 2 multiplicado por sí mismo diez billones de veces. Se trata de una cifra irrepresentable, mucho mayor, por ejemplo, que el número de partículas elementales (protones y electrones) que existen en todo el universo, número muy inferior a  $2^{1000}$ . Debido a esta ingente cantidad de configuraciones cerebrales funcionalmente distintas no puede haber dos hombres iguales, ni siquiera dos gemelos monovitelinos que se hayan criado juntos. Esta cifra colosal puede explicar también, hasta cierto punto, el porqué de la imposibilidad de predecir la conducta humana y el hecho de que en un momento dado llegamos a sorprendernos a nosotros mismos de nuestros propios actos. Y, ciertamente, a la vista de tales magnitudes, es realmente asombroso que existan pautas regulares de conducta en el hombre. La única respuesta válida es la de que en modo alguno se han agotado la totalidad de estados cerebrales y que, por consiguiente, existe un ingente número de configuraciones mentales no experimentadas, y ni siquiera atisbadas por el ser humano a lo largo de la historia de la humanidad. Desde este ángulo, todos somos diferentes entre sí, por lo que el reconocimiento de la inviolabilidad de la vida humana, en razón a la singularidad de cada individuo, resulta una consecuencia ética plausible.

En los últimos años se ha podido determinar la existencia de microcircuitos electrónicos en el cerebro. Las neuronas que constituyen estos microcircuitos presentan una gama de respuestas que va mucho más allá del escueto «sí» o «no» de los elementos conmutadores de las computadoras. Debido a su reducidísimo tamaño (normalmente, una diezmilésima de centímetro) los microcircuitos pueden procesar la información a gran velocidad, pues responden a estímulos o impulsos cuyo voltaje es una centésima menor del que se necesita para estimular a una neurona común y, por lo tanto, son capaces de dar respuestas mucho más precisas y complejas. A lo que parece, estos microcircuitos proliferan de manera congruente con nuestras nociones habituales acerca de la complejidad de un animal, por lo que sería en el ser humano donde se daría una mayor proliferación de los mismos, tanto en términos absolutos como relativos. Por otra parte, en el hombre se desarrollan en una fase embriológica tardía. La existencia de dichos microcircuitos induce a suponer que la inteligencia no sólo es la resultante de unos índices de proporcionalidad muy elevados entre cerebro y masa corporal, sino también de la abundancia de elementos conmutadores en el cerebro que realizan funciones muy específicas. Los microcircuitos hacen que el número de estados cerebrales sea mayor que el calculado en el párrafo anterior, con lo que se realza la sorprendente unicidad del cerebro de cada individuo.

Cabe, también, abordar el tema del caudal de información con tenido en el cerebro humano con arreglo al método introspectivo, completamente distinto del precedente. Tratemos, por ejemplo, de representarnos visualmente una escena de nuestra niñez. Escrutémosla con los ojos de la imaginación y supongámosla compuesta por una finísima trama de puntos, como las telefotos de los periódicos. Cada puntito tiene un color y una intensidad de tono. Se trata de averiguar cuántos bits de información se necesitan para fijar el color y la intensidad tonal de cada uno de ellos, cuántos puntitos forman la imagen representada y cuánto tiempo se requiere para grabar en la mente todos los detalles de la imagen. En esta evocación retrospectiva, uno centra la imaginación en una pequeñísima porción de la imagen cada vez, obteniendo un campo de visión muy reducido. Al integrar los distintos fragmentos de imagen, determinamos la velocidad con que el cerebro procesa los datos acumulados, que se expresará en bits por segundo. Realizado este cálculo, se detecta una velocidad máxima de procesamiento de unos 5.000 bits por segundo.

El ángulo de uno al otro extremo del horizonte en una superficie plana mide 180 grados; el diámetro de la luna es de 0,5 grados. Me consta que puedo apreciar algunos detalles en la superficie del astro, tal vez unos doce elementos visuales. De ello se deduce que el ojo tiene un poder de resolución de unos  $0,5 / 12 = 0,04$  grados. Todo lo que esa cifra escapa a la visión del ojo humano. Según parece, el campo visual instantáneo que percibe el «ojo» de mi mente, así como mi ojo real, es unos dos grados por lado. Así pues, la figurita cuadrada que puedo visualizar en cualquier momento dado, contiene alrededor de 2.500 elementos gráficos ( $2 / 0,04$ )<sup>2</sup> equivalentes a los puntitos de una telefoto. Establecer toda la posible gama de grises y de color de estos puntos exige unos 20 bits por cada elemento de la imagen. Así, la descripción de la figurita a que aludía requiere unos 50.000 bits ( $2.500 \times 20$  bits). Pero escrutar la imagen requiere unos diez segundos, por lo que la velocidad de procesamiento sensorial de datos probablemente no es mucho mayor de 5.000 bits por segundo ( $50.000 / 10$ ). A título de referencia, las cámaras instaladas en el *lander* del *Viking*, que poseen asimismo un poder de resolución de 0,04 grados, utilizan sólo seis bits por elemento gráfico para establecer su intensidad de tono y es capaz de transmitirlos directamente por radio a la Tierra a razón de 500 bits por segundo. Las neuronas del cerebro generan un potencial de 25 vatios, apenas suficiente para encender una pequeña luz incandescente. El potencial del *lander* del *Viking* para la transmisión de mensajes por radio y la realización de las restantes funciones encomendadas es de unos 50 vatios en total.

Por lo general, estas evocaciones visuales se concentran en los perfiles de las formas y en los contrastes muy marcados de color, como el paso del blanco al negro, más que en la representación de las gradaciones intermedias. La rana, por ejemplo, propende marcadamente a visualizar los gradientes de intensidad de tono. Con todo, existen claros

indicios de que con razonable frecuencia se da una detallada rememoración no sólo de los contornos de los objetos o figuras, sino también de su masa interior. Tal vez el ejemplo más chocante sea realizar con el hombre el experimento de reconstrucción estereoscópica de una imagen tridimensional a base de contemplar separadamente un mismo objeto situado ante uno y otro ojo. La fusión de imágenes en este anáglifo exige la rememoración de 10.000 elementos visuales.

Pero cuando estoy en estado de vigilia no me paso las horas reteniendo imágenes visuales ni me dedico a escudriñar sin tregua a cuantas personas y objetos encuentro a mi paso. Todo lo más, dedico a ello un pequeño porcentaje de mi tiempo. Mis restantes conductos de información —auditivos, táctiles, olfativos y gustativos— también participan, pero con una velocidad de transmisión mucho más baja. Finalmente, deduzco que la velocidad media de mi cerebro en el tratamiento de la información es de unos 100 bits (5.000/50) por segundo. Así pues, resultaría que a lo largo de un periodo de sesenta años destinamos  $2 \times 10^{11}$  bits, o sea un total de 200.000 millones de bits, a la retentiva visual y de otro género, en el supuesto de que poseamos una buena memoria. Se trata de una cifra inferior, aunque razonablemente inferior, al número de sinapsis o conexiones neurales (puesto que el cerebro realiza otras funciones, además de la simple evocación mental), e indica que las neuronas son, indiscutiblemente, los elementos conmutadores básicos de la función cerebral.

El psicólogo norteamericano Mark Rosenzweig y sus colegas de la Universidad de California en Berkeley han llevado a cabo una serie de notables experimentos sobre los cambios que experimenta el cerebro durante el proceso de aprendizaje. Para ello constituyeron dos colonias de ratas de laboratorio: una en un medio silencioso, monótono y degradado, y otra en un entorno abigarrado, bullicioso y estimulante. Pues bien, el segundo grupo mostró un asombroso aumento de la masa y espesor de la corteza, simultáneamente con una serie de alteraciones en la química del cerebro. El fenómeno pudo detectarse tanto en los roedores maduros como en los jóvenes. Esta clase de experimentos demuestra que las incidencias de orden intelectual van acompañadas de cambios fisiológicos y pone de manifiesto que la plasticidad o adaptabilidad puede ser regulada anatómicamente. Teniendo en cuenta que una corteza cerebral más grande puede facilitar el aprendizaje futuro, se aprecia claramente la importancia de que la niñez del individuo transcurra en un medio estimulante.

Ello significaría que el saber adquirido se corresponde con la producción de nuevas sinapsis o la reactivación de las casi extintas. El neuroanatomista William Greenough, de la Universidad de Illinois, junto con sus colaboradores, ha encontrado indicios que abonan esta hipótesis. En efecto, se ha comprobado que las ratas, después de varias semanas dedicadas al aprendizaje de nuevas instrucciones en el laboratorio, desarrollan en su corteza las ramas neuronales que necesitan para formar sinapsis. Por el contrario, otros roedores sometidos a las mismas condiciones ambientales pero que recibieron una instrucción mucho menos amplia no presentaron innovaciones neuroanatómicas de clase alguna. La formación de nuevas sinapsis requiere la síntesis de moléculas de proteína y de ARN. Pues bien, existen abundantes indicios de que estas moléculas se elaboran en el cerebro durante el aprendizaje, e incluso se ha dicho que el saber está contenido en las moléculas de proteína o de ARN del cerebro. Pero lo más probable es que la información incorporada esté contenida en las neuronas, que a su vez están constituidas por proteínas y ARN.

¿Cuál es el grado de compactibilidad de la información almacenada en el cerebro? Por regla general, un computador moderno en funcionamiento alberga un caudal informativo de alrededor de un millón de bits por centímetro cúbico, cantidad resultante de dividir el total de información almacenada en el computador por su volumen. Como hemos dicho, el cerebro humano almacena alrededor de  $10^{13}$  bits en poco más de  $10^3$  centímetros cúbicos. Así pues, su densidad de información es de  $10^{13}/10^3 = 10^{10}$ , o sea, unos diez mil millones de bits por centímetro cúbico. Por lo tanto, el cerebro acumula diez mil veces más información que un computador, pese a la diferencia de tamaño entre uno y otro. Dicho de otra manera: un computador de la última generación que tuviera que procesar los datos contenidos en el cerebro humano, tendría que tener un volumen diez mil veces mayor. Por otra parte, los actuales computadores electrónicos pueden procesar la información a una velocidad entre  $10^6$  y  $10^7$  bits por segundo, mientras que la velocidad máxima que desarrolla el cerebro es diez mil millones de veces menor. Fácil es imaginar cuan perfecto debe ser el sistema de almacenamiento y «bobinado» del cerebro, habida cuenta de su enorme volumen informativo y lenta velocidad de procesamiento de datos, para realizar tantas tareas vitales con mucha mayor eficiencia que el más perfeccionado de los computadores.

El número de neuronas contenidas en el cerebro de un animal no crece a la par que el volumen del cerebro, sino que aumenta más lentamente. Como se ha dicho, el cerebro del hombre, cuyo volumen es de unos  $1.375 \text{ cm}^3$ , contiene, aparte del cerebelo, unos diez mil millones de neuronas y diez billones de bits. No hace mucho, hallándome en un laboratorio del Instituto Nacional de Salud Mental cercano a Bethesda, Maryland, tuve entre mis manos el cerebro de un conejo. Su volumen era a lo sumo de treinta centímetros cúbicos, poco más o menos el tamaño de un rábano común, correspondiente a unos pocos centenares de millones de neuronas y a unos cien mil millones de bits. Esta masa encefálica regulaba, entre otras cosas, la masticación de la lechuga, las contracciones del hocico y la actividad sexual de los individuos adultos.

Dado que en el seno de grupos taxonómicos como los mamíferos, reptiles o anfibios hay individuos con muy distintas masas cerebrales, no nos es posible ofrecer una evaluación fidedigna acerca del número de neuronas que contiene el cerebro de un representante común de cada entidad o categoría taxonómica, pero sí podemos calcular los valores medios, como se muestra en el gráfico de la página 32. Las evaluaciones aproximadas que allí se ofrecen indican que el cerebro del hombre tiene, poco más o menos, cien veces más bits de información que un conejo. No sé si tendrá utilidad saber que el hombre es cien veces más inteligente que el conejo, pero en todo caso no me parece una aserción ridícula. (Por supuesto que de ello no debe inferirse que un centenar de conejos alcancen el nivel de

inteligencia de un ser humano.)

Estamos ya en condiciones de poder comparar el gradual incremento que ha ido experimentando el caudal de información contenido en el material genético y el acumulado en el cerebro de los organismos a lo largo de los sucesivos estadios evolutivos. La intersección de las dos curvas (página 32) coincide con una fecha que nos lleva a remontarnos unos cuantos centenares de millones de años en el pasado y a un volumen de información equivalente a unos miles de millones de bits. En algún lugar de las calurosas junglas del carbonífero emergió un organismo que por vez primera en la historia de la Tierra poseía más información en el cerebro que en los genes. Se trataba de uno de los primeros reptiles, y si nos topásemos con él en nuestro supercivilizado mundo, no le asignaríamos un grado de inteligencia excepcional. Sin embargo, este cerebro marcó un simbólico hito en los anales de la vida sobre el planeta. Los dos jalones subsiguientes en el proceso de cerebra-ción, coincidentes con la aparición de los mamíferos y el advenimiento de los primates semejantes al hombre, constituyeron un avance todavía más significativo en lo tocante a la evolución de la inteligencia. Gran parte de la historia de la vida a partir del carbonífero puede ser descrita como el progresivo —y, por supuesto, incompleto— dominio del cerebro sobre los genes.

**E**l cerebro de un pez es incipiente. Un pez posee un notocordio o médula espinal, al igual que otros invertebrados de inferior jerarquía. Un pez primitivo tiene, además, una pequeña protuberancia en el extremo frontal de su médula espinal que hace las veces de cerebro. En los peces más evolucionados esta protuberancia está más desarrollada, pero su peso aún no sobrepasa los dos gramos. En los animales superiores, esta turgencia corresponde al llamado cerebro posterior o rombencéfalo y al cerebro medio o mesencéfalo. El cerebro de los actuales peces está constituido en buena parte por el mesencéfalo y un diminuto prosencéfalo (cerebro anterior), a la inversa que en los reptiles y anfibios contemporáneos (véase la figura de la página 56). Y, sin embargo, los registros fósiles de los primeros vertebrados conocidos nos muestran ya configuradas las principales divisiones del cerebro del hombre actual (por ejemplo, regiones anterior, media y posterior). Hace quinientos millones de años, nadaban en los mares primitivos unos vertebrados acuáticos pisciformes —los llamados placodermos y ostracodermos— cuyos cerebros tenían ostensiblemente las mismas divisiones básicas que los nuestros. Con todo, el tamaño y la importancia proporcional de sus partes, e incluso las funciones primitivas de las mismas, eran sin duda muy diferentes a los de nuestros días.

Esquemas comparativos de los cerebros de un pez, un anfibio, un reptil, un ave y un mamífero. El cerebelo y la médula oblongada forman parte del cerebro posterior.

Una de las perspectivas más interesantes de la ulterior evolución del cerebro es la crónica del continuo crecimiento y especialización de tres nuevas capas o membranas que coronan la médula espinal, el rombencéfalo y el mesencéfalo. Al término de cada fase de la evolución perviven las antiguas divisiones cerebrales, pero deben adecuarse al cambio y, además, se ha unido a ellas una nueva capa dotada de nuevas funciones.

Paul MacLean, director del laboratorio de evolución cerebral y conducta del Instituto Nacional de Salud Pública, es en la actualidad el más destacado representante de esta teoría. Uno de los rasgos más sobresalientes del trabajo de MacLean es que abarca una amplia gama de especies animales, desde el lagarto hasta el

tití. Otra nota acreditativa de su excelente labor es el minucioso estudio que él y sus colegas han llevado a cabo sobre el comportamiento social y de todo tipo de estos animales para así incrementar las posibilidades de descubrir qué actos de conducta concretos regula cada una de las partes del cerebro.

Los títulos de rasgos faciales «exóticos» se saludan entre sí con arreglo a una especie de ritual exhibicionista. Los machos muestran la dentadura, sacuden las barras de la jaula, lanzan un chillido estridente —que a buen seguro tiene carácter intimidatorio en las colonias de estos platirrinos— y elevan las piernas dejando al descubierto el pene erecto. Si en la comunidad humana un comportamiento de este género se consideraría en muchos casos sumamente grosero, en lo que respecta a los titíes constituye un acto complejo que sirve para mantener la jerarquía de dominio en el ámbito de su comunidad.

MacLean ha descubierto que basta la lesión de una pequeña porción del cerebro para que el tití no pueda acometer la exhibición referida, aun cuando mantenga intactas sus restantes facultades, como pueden ser las funciones sexuales y la agresividad. La parte afectada se halla en la parte más «vieja» del prosencéfalo, que tanto el hombre como otros primates comparten con los mamíferos y reptiles antecesores del hombre. En los mamíferos no pertenecientes al orden de los primates y en los reptiles se da un comportamiento ritual semejante que, al parecer, se regula desde la misma región cerebral. Las lesiones de este componente reptiloide pueden repercutir sobre otras actividades automáticas no precisamente rituales como, por ejemplo, los actos de andar o de correr. Entre los primates hallamos con frecuencia esta relación entre ostentación sexual y posición jerárquica del individuo. Por ejemplo, entre los macacos japoneses, la casta social se mantiene y refuerza mediante la monta diaria de los individuos de castas inferiores, que adoptan la sumisa postura sexual característica de la hembra en celo mientras los machos dominantes efectúan una breve y formularia cubrición. Se trata no tanto de apareamientos de carácter sexual como de actos generalizados y rutinarios que denotan claramente la identidad social del individuo en el seno de una sociedad compleja.

En un estudio sobre el comportamiento del tití Caspar, el animal dominante de la colonia y, con mucho, el más exhibicionista, no fue visto ni una sola vez copulando pese al gran número de veces que hizo ostentación del miembro genital (las dos terceras partes del total computado); por lo demás, casi todas sus exhibiciones iban dirigidas a otros machos adultos. El hecho de que Gaspar se viera fuertemente inducido a dejar constancia de su dominio, pero en cambio muy poco estimulado en cuanto a sus apetitos sexuales, indica que aun cuando ambas funciones puedan suponer la intervención de los mismos órganos no guardan entre sí una relación directa. Los científicos que estudiaban el comportamiento de la citada colonia llegaron a la conclusión de que «la exhibición de los genitales debe ser considerada como el signo socialmente más eficaz para delimitar la jerarquía del individuo dentro del grupo. Con este comportamiento de carácter ritual, el mono parece querer indicar: Aquí soy yo quien manda. Seguramente deriva de la práctica sexual, pero se utiliza con fines de comunicación social, sin relación con la actividad reproductiva. En otras palabras la exhibición fálica es un ritual derivado del comportamiento sexual pero que cumple un fin social, no de orden reproductivo».

Durante un programa televisivo con personajes invitados emitido en 1976, el entrevistador preguntó a un jugador de fútbol profesional si a los miembros del equipo les resultaba embarazoso mostrarse desnudos en el vestuario, a lo



que ei interpelado contestó sin vacilar: «¡Qué va! ¡Nos gusta exhibirnos! Nadie se siente violento. Es como si nos dijésemos el uno al otro: ¡En, tío veamos qué calibre gastas!... Puede que con los entrenadores o los masa jistas no sea lo mismo».

Las relaciones de comportamiento y neuroanatómicas entre apt título sexual, agresividad y dominio se han visto confirmadas por una amplia variedad de estudios. El ceremonial que conlleva el apareamiento de los gatos monteses y muchos otros animales es difícilmente distinguible, al menos en las primeras fases, del combate entre dos individuos de la misma especie. Todo el mundo sabe que a veces el gato doméstico ronronea irritado mientras raspa lentamente con sus garras el tapizado de un mueble o la piel del hombre protegida por una liviana prenda de vestir. El empleo de la sexualidad como fórmula para fijar y mantener la relación de dominio se aprecia a veces en las prácticas heterosexuales y homosexuales del hombre (aun cuando no se trate, por supuesto, del único elemento que interviene en ellas), así como en muchas expresiones «obscenas». Téngase en cuenta la peculiaridad de que el más común de los insultos verbales en inglés (*fuck-you*, «jódete») y, también en muchos otros idiomas, hace referencia a un acto de intenso placer físico. Probablemente, la forma inglesa deriva del antiguo verbo alemán y holandés *fokken*, que significa «golpear», «atacar», «dar caña», etc. Este por lo demás enigmático empleo puede entenderse como un equivalente verbal del lenguaje simbólico del macaco, en el que el pronombre «yo» queda sobreentendido por ambas partes. Tanto esta expresión como otras de parecida índole parecen constituir un apareamiento de carácter ceremonial entre individuos de la especie humana. Como tendremos ocasión de ver, es probable que este comportamiento se retrotraiga a especies muy anteriores a los monos y se remonte cientos de millones de años en el pasado geológico.

Partiendo de experimentos como los realizados con los títes, MacLean ha elaborado un sugestivo modelo de la estructura y evolución cerebral que él llama cerebro «trino». Afirma que «estamos obligados a examinarnos a nosotros mismos y al mundo en general a través de tres mentalidades muy distintas», en dos de las cuales no interviene la facultad del habla. MacLean sostiene que el cerebro humano «equivale a tres computadores biológicos interconectados», cada uno de los cuales posee «su peculiar y específica inteligencia, subjetividad y sentido del tiempo y del espacio, así como sus propias funciones de memoria, motrices y de todo tipo». Cada cerebro corresponde a una etapa evolutiva de trascendental importancia. El referido investigador afirma también que los tres cerebros se distinguen tanto por su configuración neuroanatómica como por su funcionalidad, y que contienen proporciones muy dispares de dopamina y colinesterasa, dos sustancias químicas cerebrales.

La parte más primitiva del cerebro humano comprende la médula espinal; la médula oblongata y la protuberancia anular (o pons), que forman el cerebro posterior; y el cerebro medio o mesencéfalo. MacLean llama «armazón neural» al conjunto integrado por la médula espinal, el cerebro posterior y el cerebro medio.

Alberga los mecanismos neurales básicos de la reproducción y la autoconservación, aspecto que incluye la regulación del ritmo cardíaco, circulación sanguínea y respiración. En un pez o un anfibio este es casi todo el cerebro que existe, pero según MacLean, un reptil o animal superior privado de prosencéfalo (cerebro anterior) es «tan insensible y tan inútil como un vehículo parado sin conductor».

Representación muy esquematizada del complejo-R, el sistema límbico y el neo-córtex en el cerebro humano, según MacLean.

En mi opinión, la llamada epilepsia *gravior o gran mal* puede ser considerada como una dolencia en la que los impulsores cognoscitivos han quedado inutilizados debido a una especie de tormenta eléctrica sobrevenida en el cerebro, tras la cual, el sujeto afectado no dispone momentáneamente de más elemento operativo que el armazón neural. Se trata de una grave lesión que, momentáneamente, hace retroceder a la víctima varios cientos de millones de años. Los antiguos griegos, de los que seguimos utilizando el nombre con que denominaron a la enfermedad, reconocieron el carácter insondable de la misma y la llamaron «la enfermedad infligida por los dioses».

MacLean distingue tres clases de elementos motrices del arma zón neural. El de formación más antigua envuelve el cerebro medio (integrado en buena parte por lo que los neuroanatomistas denominan la estría olfatoria, el cuerpo estriado y el *globus pallidus*); lo comparten con nosotros los restantes mamíferos y los reptiles. Probablemente se desarrolló hace varios centenares de millones de años. MacLean lo denomina el complejo reptílico o complejo R. Rodeándolo se halla el sistema límbico, llamado así porque linda con el cerebro propiamente dicho. (En inglés, brazos y piernas se llaman *limbs* [miembros] por ser órganos *periféricos* al resto del cuerpo.) También los restantes mamíferos tienen un sistema límbico, y en un grado mucho menos evolucionado lo poseen asimismo los reptiles. Seguramente se originó hace más de ciento cincuenta millones de años.

Por último, rematando lo que resta del cerebro, se encuentra el neocórtex, sin duda la incorporación evolutiva más moderna. El hombre, al igual que los mamíferos superiores y los restantes primates, posee un neocórtex proporcionalmente grande. En los mamíferos más evolucionados se aprecia un aumento gradual de esta zona cerebral. El más perfecto es el nuestro (junto con el de los delfines y los grandes cetáceos como las ballenas). Probablemente se constituyó hace varias decenas de millones de años, pero con la aparición del hombre su desarrollo se aceleró en gran manera. En la página anterior ofrecemos una representación esquemática ajustada a esta descripción del cerebro humano, y en la parte superior de la página siguiente un cotejo del sistema límbico con el neocórtex en tres mamíferos contemporáneos. El concepto de cerebro «trino» concuerda de forma notable con la conclusión, derivada de forma independiente del estudio de la proporción entre masa cerebral y masa corpórea ofrecido en el capítulo anterior, de que la aparición de los mamíferos y de los primates (especialmente del hombre) vino acompañada de verdaderos hitos en el proceso de cerebración.

Representación esquemática de la parte superior y lateral de los cerebros del conejo, el gato y el mono. Las zonas punteadas en negro constituyen el sistema límbico, que se aprecia más claramente en los esquemas laterales. La región en blanco, con presencia de surcos, representa el neocórtex, visible sobre todo en las figuras de la parte superior.

Resulta muy difícil evolucionar alterando la estructura profunda de la vida. Cualquier intento de cambio puede resultar funesto. Aun así es posible que se produzcan transformaciones básicas mediante la superposición de nuevos sistemas a los ya existentes. Ello nos trae a la memoria una teoría que Ernest Haeckel, el anatomista alemán del siglo XIX, llamó de la *recapitulación* y que ha conocido distintas fases de aceptación y rechazo entre los medios científicos. Decía Haeckel que durante su desarrollo embriológico un animal tiende a repetir o «recapitular» la secuencia evolutiva de sus antecesores. Asimismo, el feto humano, durante su vida intrauterina, pasa por distintas fases evolutivas muy semejantes a las de los peces, reptiles y mamíferos antes de desarrollar aquellos rasgos fisiológicos que acreditan su condición de hombre. Durante la etapa pisciforme inclusive posee unas hendiduras branquiales, que no reportan utilidad alguna al embrión, ya que éste se alimenta a través del cordón umbilical, pero que son vitales dentro del proceso embriológico humano. En efecto, dado que las branquias eran un órgano fundamental para nuestros antepasados, el embrión humano pasa por una fase de desarrollo branquial. El cerebro de un feto humano también se desarrolla de dentro hacia afuera y, en términos aproximados, pasa por la secuencia almacén neural, complejo R, sistema límbico y neocórtex (véase en la página 204 un esquema seriado del desarrollo embrionario del cerebro humano).

Las causas explicativas de la recapitulación pueden entenderse del siguiente modo. La selección natural opera tan sólo en los individuos, no en la especie, y escasamente sobre los huevos o los fetos. En este sentido, el último cambio evolutivo se produce después del parto. Puede que el feto presente determinados rasgos, como las ya citadas hendiduras branquiales de los mamíferos, que perjudicarían la adaptación del individuo al medio tras su nacimiento, pero mientras no causen daños al feto y desaparezcan antes del parto, el organismo las tolera sin dificultad. Nuestras hendiduras branquiales no son vestigios de los antiguos peces, sino de los primitivos embriones de peces. Muchos órganos de nueva génesis se constituyen, no por adición y conservación, sino por transformación de órganos primitivos en otros nuevos: las aletas se transforman en patas y las patas en miembros natatorios o alas; los pies se convierten en manos, y a la inversa; las glándulas sebáceas en glándulas mamarias; los arcos branquiales en los huesos del oído; las escamas de los tiburones en dientes, etc. Por lo tanto, la evolución por adición o superposición y la preservación funcional de la estructura preexistente se produce por una de estas dos razones: o bien porque la primitiva función es tan necesaria como la nueva, o bien porque no existe medio de relegar el órgano antiguo sin poner en peligro la supervivencia del individuo.

La naturaleza nos ofrece muchas otras muestras de este tipo de desarrollo evolutivo. Para tomar un ejemplo, casi al azar, analicemos por qué las plantas son verdes. El proceso de fotosíntesis de las plantas verdes utiliza la luz de las bandas roja y violeta del espectro solar para romper las moléculas de agua, formar hidratos de carbono y acometer otras funciones vegetales. Sin embargo, el sol irradia más luz en las bandas amarilla y verde del espectro que en las bandas roja y violeta. Las plantas cuyo único pigmento fotosintético es la clorofila rechazan, pues, la fuente lumínica más abundante. Muchos vegetales parecen haber «advertido» un tanto tardíamente esta circunstancia y han llevado a cabo las pertinentes adaptaciones. También han ido apareciendo otros pigmentos que reflejan la luz roja y absorben la verde y la amarilla, como los carotenoides y ficobilinas. Tanto mejor. Cabe preguntarse, empero, si estas plantas que utilizan nuevos pigmentos en la operación de fotosíntesis han prescindido de la clorofila. La respuesta es negativa. La fotografía de esta página nos muestra la «fábrica» fotosintética de un alga roja. Las zonas estriadas contienen clorofila y las pequeñas esferas arrebujadas junto a ellas contienen ficobilinas, que son las que confieren a esta alga su típica coloración rojiza. Por regla general, estas plantas transfieren la energía que toman de las bandas verde y amarilla de la luz solar al pigmento de la clorofila, que aun cuando no la absorba, sigue siendo instrumento válido para salvar los desajustes entre la luz y los procesos químicos en la fotosíntesis de todas las plantas. La naturaleza no podía prescindir sin más de la clorofila para sustituirla con pigmentos más idóneos, y ello porque está profundamente urdida con la obra estructural de la vida. Que duda cabe, las plantas que poseen otros pigmentos suplementarios se diferencian de las restantes en cuanto que son más eficientes; pero de todas formas, en ellas hallamos como elemento clave del proceso de fotosíntesis la clorofila, que sigue activa aunque con responsabilidades muy disminuidas. Pues bien, estimo que el proceso evolutivo del cerebro ha seguido el mismo cauce y que las partes más internas, las más primitivas, continúan cumpliendo su misión.

Fotografía de una pequeña planta llamada *alga roja* tomada con el microscopio electrónico. Su denominación científica es la de *Porphyridium cruentum*. El clo-roplasto, factoría fotosintética de este organismo, ocupa casi toda la superficie de la célula. La imagen ha sido ampliada 23.000 veces y fue tomada por la doctora Elizabeth Gantt, del laboratorio de Biología y Radiación de la Smithsonian Institution.

## El complejo R

Si la tesis que hemos avanzado es correcta, cabe suponer que en cierto modo el complejo R sigue desempeñando

dentro del cerebro humano las mismas funciones que cumplía en el dinosaurio, y que la corteza límbica genera los estereotipos mentales de los pumas y los perezosos. Es indiscutible que cada nueva fase en el proceso de cerebración viene acompañada de transformaciones en la fisiología de los primitivos componentes del cerebro. La evolución del complejo R habrá acarreado cambios en el cerebro medio y en otras regiones del encéfalo. Pero sabemos que la regulación de buen número de funciones es tarea común de diferentes componentes cerebrales, y sería realmente extraño que los componentes cerebrales de la base del neocórtex no continuaran actuando en buena medida como lo hacían en tiempos de nuestros remotos antecesores. MacLean ha demostrado que el complejo R desempeña un papel importante en la conducta agresiva, la territorialidad, los actos rituales y el establecimiento de jerarquías sociales. Salvo excepciones esporádicas, a las que damos la bienvenida, tengo la impresión de que estos rasgos configuran en buena medida el comportamiento burocrático y político del hombre actual. No quiero decir con ello que el neocórtex no juegue también su papel en una convención política estadounidense o en una sesión del Soviet Supremo de la URSS. A fin de cuentas, se trata de rituales en los que prevalece la comunicación de tipo verbal, es decir, generada por aquel órgano. Pero sorprende comprobar en qué medida nuestros actos reales —en contraposición a lo que decimos o pensamos— pueden explicarse en función de las pautas que rigen la conducta de los reptiles. Hablamos muchas veces de asesinos que matan «a sangre fría». Entre los consejos de Maquiavelo al príncipe está el de «actuar a sabiendas como las alimañas».

En lo que cabe considerar como una interesante anticipación parcial de estas ideas, la filósofa norteamericana Susanne Langer escribió: «La vida humana está punteada de actos rituales, como lo están los hábitos de los animales. Es una obra intrincada en la que se entremezclan la razón y el rito, el saber y la religión, la prosa y la poesía, la realidad y los ensueños... El ritual, como el arte, es en esencia la culminación activa de una transformación simbólica de la experiencia. Se engendra en la corteza, no en el "cerebro primitivo", pero es fruto de una *necesidad elemental* de dicho órgano, una vez desarrollado éste hasta acceder al estadio humano». Salvo el hecho de que el complejo R *es parte* del «cerebro primitivo», la autora de estas palabras da de lleno en el blanco. Quisiera hablar sin reticencias acerca de las repercusiones que tiene en el plano social la aseveración de que el cerebro del reptil influye en los actos del hombre. Si la conducta burocrática está esencialmente regulada por el complejo R, ¿significa esto que no hay esperanza para el futuro humano?

Dos fotografías en el interior del tercer ventrículo del cerebro tomadas con el microscopio electrónico por Richard Steger, de la Wayne State University. Se observan en ellas minúsculos apéndices filamentosos o cilios de movimiento ondulante transportando pequeñas proteínas cerebrales esféricas. Parece que estamos ante una multitud por encima de cuyas cabezas cruzan grandes pelotas playeras.

En el hombre, el neocórtex representa alrededor del 85 por 100 del cerebro, lo que refleja en cierta medida su importancia comparado con el cerebro posterior, el complejo R y el sistema límbico. Tanto la neuroanatomía, como la historia política y la propia introspección ofrecen pruebas de que el ser humano es perfectamente capaz de resistir el apremio de ceder a los impulsos emanados del cerebro del reptil. Es impensable, por ejemplo, que el complejo R pudiera registrar, y mucho menos concebir, la Declaración de los Derechos Humanos contenida en la Constitución norteamericana. Es precisamente nuestra adaptabilidad y largo proceso de maduración lo que impide que aceptemos servilmente las pautas de conducta genéticamente programadas de que somos portadores, y ello de forma más manifiesta que en las restantes especies. Pero, si bien el cerebro trino constituye un buen modelo del comportamiento del hombre, no podemos ignorar el componente reptil de la naturaleza humana, sobre todo en lo que atañe a los actos rituales y jerárquicos. Por el contrario, el modelo del cerebro trino puede ayudarnos a comprender mejor la naturaleza profunda del ser humano. (Me pregunto, por ejemplo, si los aspectos rituales de muchas enfermedades psicóticas como la esquizofrenia hebefrénica pueden ser resultado de la hiperactividad de algún centro del complejo R o del fallo de algún emplazamiento neocortical cuya misión es contener o eliminar al complejo R. También me pregunto si el carácter ritual que posee muchas veces el comportamiento de los niños es consecuencia del todavía incompleto desarrollo de sus neocórtex.)

En un pasaje que, curiosamente, viene muy al caso, G. K. Chesterton escribió: «Puedes liberar a las cosas de leyes accidentales o ajenas a las mismas, pero no de las que conciernen a su propia naturaleza... No vayamos a... forzar la situación hasta el punto de pretender que el triángulo rompa el marco carcelario de sus tres lados, pues en el momento en que lo haga, su vida acaba de forma deplorable». Pero no todos los triángulos tienen los lados iguales. En nuestra mano está efectuar algunos ajustes sustanciales del papel que proporcionalmente corresponde a los diversos componentes del cerebro trino.

## El sistema límbico

En el sistema límbico se gestan las emociones intensas o singularmente vividas, circunstancia que amplía de inmediato nuestra perspectiva acerca de la mente del reptil, en cuanto que ésta no viene caracterizada por indómitas pasiones ni calamitosas contradicciones, sino más bien por una dócil y torpe aquiescencia al modelo de conducta que le dictan sus genes y su cerebro.

Las descargas eléctricas en el sistema límbico producen en ocasiones síntomas similares a los que ocasionan las psicosis o las drogas psicodélicas y alucinógenas. A decir verdad, la sede del efecto de muchas drogas psicotrópicas

reside en el sistema límbico. Quizá sea dicho sistema el que controla la hilaridad, el sobrecogimiento y una gran variedad de sutiles emociones que solemos considerar privativas del hombre.

La pituitaria, «glándula directriz» que influye en otras y domina el sistema endocrino del hombre, forma parte esencial de la región límbica. Las alteraciones del ánimo que acarrear los desequilibrios endocrinos ofrecen interesantes indicios acerca de la conexión del sistema límbico con los estados mentales. En el sistema límbico hay una pequeña inclusión en forma de almendra, llamada amígdala, que desempeña un importante papel en la génesis de los impulsos agresivos y de los sentimientos de temor. La excitación eléctrica de la amígdala en pacíficos animales domésticos puede llevarles a grados de terror o agitación extremos. En el curso de un experimento, un gato se encogió de miedo a la vista de un ratoncito blanco. Por otra parte, animales salvajes como el lince se convierten en dóciles animalitos que se dejan acariciar y manejar a gusto del hombre tras serles extirpadas las amígdalas. Las perturbaciones del sistema límbico pueden originar irritaciones, miedo o emotividad intensa sin causa aparente. La hiperestimulación natural puede producir los mismos resultados. Quienes padecen esta dolencia experimentan sensaciones incomprensibles y sin conexión con la realidad que les categorizan como enajenados mentales.

Parte al menos de la función reguladora de la emotividad que desempeñan glándulas endocrinas del sistema límbico como la pituitaria, la amígdala y el hipotálamo proviene de las pequeñas proteínas hormonales que segregan y que afectan a otras regiones cerebrales. Tal vez la más conocida sea la hormona adrenocorticotrópica (ACTH), proteína de la pituitaria, que puede tener repercusión en funciones mentales tan diversas como la retención visual, la ansiedad y el grado de atención. Algunas proteínas hipotalámicas de pequeño volumen han sido localizadas por vía experimental en el tercer ventrículo del cerebro, que conecta el hipotálamo con el tálamo, zona que también forma parte del sistema límbico. Las asombrosas imágenes de la página 67 tomadas con un microscopio electrónico muestran dos primeros planos de la actividad del tercer ventrículo. El esquema de la página 77 puede servir para clasificar algunos de los aspectos de índole neuroanatómica que acabamos de exponer.

Existen motivos para creer que las raíces del comportamiento altruista se hallan en el sistema límbico. Ni que decir tiene que, salvo raras excepciones (sobre todo los insectos sociales), los mamíferos y las aves son los únicos organismos que se esmeran en el cuidado de su prole, fenómeno de orden evolutivo que, sobre la base del largo periodo de adaptabilidad que origina, saca partido de la considerable aptitud del cerebro de los mamíferos y primates en cuanto al procesamiento de datos. A lo que parece, el amor es invención de los mamíferos.

. Sin embargo, esta norma sobre los cuidados proporcionalmente mayores que los mamíferos prodigan a sus crías frente a los reptiles tiene no pocas excepciones. El cocodrilo hembra del Nilo, por ejemplo, coloca con todo esmero a las crías recién salidas del cascarón en su boca y las deposita en las aguas fluviales, donde gozan de relativa seguridad, en tanto que el león macho del Serengeti, cuando se pone por vez primera al frente de una manada de leones, mata a todos los cachorros allí residentes. Pero, en conjunto, los mamíferos muestran mucho más apego hacia sus crías que los reptiles. Seguramente, esa diferencia era todavía más marcada cien millones de años atrás.

Muchas facetas del comportamiento de los animales tienden a refrendar la noción de que las emociones intensas son básicamente privativas de los mamíferos y en menor grado de las aves. Las similitudes de las reacciones emotivas de los animales domésticos y las del hombre me parecen obvias. Es de sobras conocida la notoria tristeza que invade a las hembras de muchos mamíferos cuando se les arrebatan las crías. Uno se pregunta por la intensidad de estas emociones. ¿Acaso los caballos albergan a veces sentimientos de fervor patriótico? ¿Experimentan los perros hacia el hombre un cierto arrobamiento parecido al éxtasis religioso? ¿Qué otra clase de intensas y recónditas emociones albergan los animales que no comunican con nosotros?

Apunte de la hipotética configuración corpórea de *Lycaenops*, reptil del mesozoico, según John Germann. Posiblemente fueron criaturas de este género, semejantes a los mamíferos, las que primero experimentaron un sustancial desarrollo del sistema límbico.

La parte más primitiva del sistema límbico es la corteza olfativa, relacionada con la percepción de olores, cuya intensa calidad emocional conocen bien la mayoría de los humanos. En el hipocampo, estructura situada dentro del sistema límbico, se localiza buena parte de nuestra capacidad de retención y evocación del pasado, conexión que se aprecia con toda claridad si se toman en cuenta los menoscabos de memoria que producen las lesiones en el mismo. Un caso famoso fue el de H. M., paciente con un largo historial clínico de ataques apopléticos y convulsiones, que sufrió extirpación bilateral de la región que circunda el hipocampo en un logrado intento de aminorar la frecuencia y la intensidad de aquéllos. Inmediatamente el enfermo experimentó amnesia, pero conservó casi intactas sus facultades perceptivas, consiguió asimilar nuevas técnicas motoras y conoció cierto grado de aprendizaje perceptual. De todos modos, no acertaba a recordar un suceso a las pocas horas de acaecido. Según sus propias palabras, «cada día es un episodio aislado; con él se esfuman las alegrías y las tristezas que haya podido experimentar». Describió su vida como una prolongación incesante de esta sensación de aturdimiento que nos sobrecoge al despertar de un sueño sin que acertemos a recordar claramente su contenido. Lo más curioso es que a pesar de la grave lesión que padecía, el

coeficiente de inteligencia de H. M. mejoró al serle extirpada la porción cerebral que envuelve al hipocampo. A lo que parece, percibía los olores, pero no acertaba a identificar por su nombre lo que producía dicho aroma. También mostraba una carencia total de apetitos sexuales.

Otro caso conocido fue el de un joven piloto norteamericano que en el curso de un duelo fingido con otro compañero de escuadrilla sufrió una herida producida por un estilete en forma de florete que le penetró por la ceja derecha y perforó la pequeña zona del sistema límbico situada exactamente encima de la misma. La herida le ocasionó una grave pérdida de memoria, parecida a la que experimentó H. M., aunque menos seria, pues conservó buena parte de sus facultades perceptuales e intelectivas. Los trastornos de la memoria se manifestaron muy en especial en la dificultad para encontrar palabras con que expresarse. Por otro lado, el accidente le ocasionó impotencia sexual y le hizo insensible al dolor. En cierta ocasión paseó descalzo por la cubierta metálica de un buque de pasaje caldeada en extremo por el sol sin darse cuenta de que se estaba infligiendo graves quemaduras, hasta que los pasajeros próximos a él empezaron a quejarse de un nauseabundo olor a carne chamuscada; pero él no sintió dolor alguno ni percibió el desagradable olor a quemado.

En base a los ejemplos expuestos, parece evidente que una actividad propia de los mamíferos tan compleja como la función sexual viene regulada simultáneamente por cada uno de los tres componentes del cerebro «trino»: el complejo R, el sistema límbico y el neocórtex. (Hemos aludido ya a la influencia del complejo R y del sistema límbico en la actividad sexual. El análisis introspectivo nos permite fácilmente recoger pruebas que demuestran la participación del neocórtex.)

Una parcela del sistema límbico primitivo regula las funciones orales y gustativas, y otra las funciones sexuales. La relación entre olfato y actividad sexual es muy antigua y se manifiesta especial mente en los insectos, circunstancia que nos permite apreciar tanto la importancia como las desventajas que comportaba para nuestros antepasados el fiarlo todo a su capacidad olfativa.

En una ocasión fui testigo de un experimento en el transcurso del cual se conectó la cabeza de una mosca verde, mediante un finísimo hilo eléctrico, a un oscioscopio que registraba en una especie de gráfico todos los impulsos eléctricos producidos por su aparato olfativo. (Conviene puntualizar que hacía muy poco que se había separado la cabeza del cuerpo del insecto con objeto de facilitar el acceso al aparato olfativo, y que aquélla continuaba funcionando casi normalmente.)

La cabeza y el cuerpo de un artrópodo siguen funcionando normalmente por breve tiempo aun separadas la una del otro. La *manlis religiosa* hembra suele responder al porfiado cortejo de un macho decapitándolo. Si entre los hombres tal proceder sería socialmente execrable, no ocurre lo mismo entre los insectos. En efecto, al desgajar el cerebro del festo del cuerpo se eliminan las inhibiciones sexuales y se estimula el apareamiento con lo que queda del macho. Luego, la hembra completa el festín con un ágape, por supuesto en solitario. Quizás esta reacción sea una, a modo de lección, medida cautelar contra la excesiva represión sexual.

Los investigadores que llevaban a cabo el experimento produjeron emanaciones de muy distinta índole, incluso de gases repelentes y tóxicos, como el amoníaco, sin que se apreciara efecto alguno. La línea que trazaba el oscioscopio era absolutamente plana, sin alternancias en su trazado horizontal. Pero cuando se depositó ante la cabeza del insecto macho una ínfima cantidad del estimulante sexual que segrega la hembra de la mosca verde, el oscioscopio registró en el acto una violenta línea vertical. En una palabra, la mosca verde no podía oler otra cosa que el estimulante de la sexualidad, pero esa molécula la percibía fantásticamente bien.

En los insectos suele darse esta especialización olfatoria. Por ejemplo, la mariposa macho del gusano de seda puede detectar el estimulante sexual con sólo que sus livianas antenas capten unas cuarenta moléculas por segundo de sustancia estimulante. Una hembra de la especie necesita liberar tan sólo una centésima de micro-gramo de sustancia estimulante para atraer a todos los machos que se hallan a una milla cúbica de distancia. Así queda asegurada la propagación de la especie.

Quizá la muestra más palpable y curiosa de la importancia que reviste este fiar el hallazgo de la hembra al sentido olfativo con fines de propagación de la especie nos lo proporciona un escarabajo que vive en Sudáfrica, el cual, durante el invierno, se guarece en un hueco excavado en el suelo. Con la llegada de la primavera se caldea la tierra y emergen los insectos. Pero lo curioso es que los escarabajos machos asoman, aturdidos, unas semanas antes que las hembras. En esta misma región de Sudáfrica crece una especie de orquídea que desprende un aroma idéntico al de la sustancia sexual emanada por el escarabajo hembra. Lo cierto es que la evolución de la orquídea y del escarabajo ha coincidido en la producción de una molécula básicamente igual. Resulta, además, que el escarabajo macho es extremadamente «corto de vista», y los pétalos de las orquídeas presentan una configuración que el miope insecto confunde con una hembra de la especie en postura sexual-mente receptiva. Por espacio de varias semanas el insecto macho se despacha a gusto con las orquídeas, e imaginamos a las hembras abandonando su refugio invernal heridas en su amor propio y justamente indignadas. Entretanto, las orquídeas han sido fecundadas por polinización cruzada gracias a los enardecidos insectos machos, que, confundidos, hacen ahora cuanto pueden para asegurar la pervivencia de su especie. Con ello, uno y otro organismo logran su objetivo. (Digamos de pasada que no conviene a las orquídeas mostrarse demasiado irresistibles, ya que si los escarabajos no pudieran luego reproducirse entre sí aquéllas se verían en grave trance.) Acabamos de descubrir una de las limitaciones que presenta la estimulación puramente olfativa. Otra restricción radica en el hecho de que cada escarabajo hembra produce el mismo tipo de estimulante sexual, por lo que no es fácil que un individuo macho se prenda, por decirlo de algún modo, de la hembra de sus sueños. Si bien en ciertos casos el macho hace ostentación de su calidad de tal para atraer a la hembra o, como ocurre con el ciervo volante, se traba por la mandíbula en singular combate con otro individuo para ganarse los favores de la dama, parece

indudable que el papel determinante de la sustancia sexual en el apareamiento reduce la amplitud de la selección sexual entre los insectos. Los reptiles, pájaros y mamíferos han puesto en juego otros métodos para localizar a su par. Sin embargo, la relación de la función sexual con el sentido del olfato es todavía apreciable, en el marco de la anatomía cerebral, en los animales de orden superior, y en el plano anecdótico, en la experiencia del ser humano. A veces me pregunto si los desodorantes, sobre todo los desodorantes «femeninos», no constituyen un intento de encubrir los estímulos de orden sexual para que concentremos nuestra atención en otros menesteres.

## El neocórtex

Incluso en los peces las lesiones del cerebro anterior repercuten en las pulsiones de iniciativa y cautela hasta destruirlas. En los animales superiores, estas mismas pulsiones, aunque mucho más perfeccionadas, parecen localizadas en el neocórtex, región donde se ubican muchas de las funciones cognitivas que mejor definen al hombre como tal. Al hablar de esta porción de la corteza cerebral suelen distinguirse en ella cuatro regiones o lóbulos: frontal, parietal, temporal, y occipital. Los primeros neurofisiólogos sostenían que, básicamente, las conexiones del neocórtex no rebasaban el marco de este órgano; pero hoy sabemos que existen gran número de conexiones neurales con el cerebro subcortical. De todos modos, no está claro, ni mucho menos, que las subdivisiones neocorticales constituyan auténticas unidades funcionales. Ciertamente, cada una de ellas regula multiplicidad de funciones, muy distintas unas de otras, pero es probable que algunas sean ejercidas por más de un lóbulo a la vez. Según se desprende de los estudios realizados, los lóbulos frontales están relacionados con la reflexión y la regulación de la acción; los lóbulos parietales, con la percepción espacial y el intercambio de información entre el cerebro y el resto del cuerpo, los lóbulos temporales cumplen una variedad de complejas tareas perceptuales y los lóbulos occipitales guardan relación con la vista, el sentido dominante en el hombre y en otros primates. Por espacio de muchas décadas la mayoría de neurofisiólogos han pensado que los lóbulos frontales, o sea la parte anterior de la corteza, albergan el mecanismo que nos permite anticiparnos y planear el futuro, facultades características del ser humano. Sin embargo, las últimas investigaciones llevadas a cabo demuestran que el panorama no es tan sencillo. El neurofisiólogo norteamericano Hans-Lukas Teuber, del Instituto Tecnológico de Massachusetts, ha investigado un gran número de casos de lesiones frontales, debidas sobre todo a heridas de guerra o por arma de fuego. Teuber descubrió que muchas lesiones del lóbulo frontal apenas tienen incidencia perceptible en la conducta del individuo afectado. De todas formas, en casos de lesiones muy graves del lóbulo frontal, aun cuando «el paciente no llega a perder del todo la facultad de anticiparse a los hechos futuros, no acierta a imaginarse a sí mismo como agente potencial en relación con ellos». Teuber subrayó que el lóbulo frontal pudiera estar relacionado tanto con la anticipación motora como con la cognoscitiva, sobre todo a la hora de evaluar las posibles consecuencias de los movimientos voluntarios. Por otra parte, parece que el lóbulo frontal interviene también en el nexo entre visión y postura erecta y bípeda.

Así pues, los lóbulos frontales pueden intervenir en las funciones genuinas del ser humano de dos maneras distintas. Si regulan el sentido de anticipación del futuro, deben ser el emplazamiento obligado de los sentimientos de inquietud, los centros del ansia y la desazón. Esta es la razón de que el corte transversal del lóbulo frontal reduzca la ansiedad. Por otro lado, la lobotomía prefrontal puede mermar en gran manera la capacidad del hombre para comportarse como tal. El precio que pagamos por la previsión del futuro es la desazón que ello engendra. Sin duda, el augurio de una calamidad no resulta muy divertido. Poliana, con su optimismo desbordante, era mucho más dichosa que Casandra. Pero necesitamos de los componentes fatalistas de nuestra naturaleza para sobrevivir. Ellos fueron los artífices de una serie de doctrinas que aspiran en lo posible a interpretar el futuro y que han sido causa y origen de la ética, la magia, la ciencia y los códigos legales. La ventaja que procura el pronóstico de las catástrofes radica en la posibilidad de adoptar medidas para impedir que se produzcan, sacrificando las ganancias inmediatas en favor de unos beneficios a más largo plazo. Una sociedad que, como resultado de esta capacidad de anticipación, alcanza un alto nivel de seguridad material, genera el tiempo libre necesario para impulsar el progreso social y tecnológico.

Corte lateral esquematizado del cerebro humano, en el que destaca el neocórtex, con un sistema límbico y un cerebro posterior más pequeños. No se aprecia el complejo-R.

Otra función que se supone corresponde al lóbulo frontal es la que permite adoptar la postura bípeda al hombre. Esta conformación vertical, erecta, del cuerpo no habría sido posible sin el previo desarrollo de los lóbulos frontales. Más adelante veremos con mayor detalle cómo el hecho de asentarnos sobre dos pies liberó nuestras manos y nos permitió manipular con ellas, lo que posteriormente abocaría en un notable acrecentamiento de los rasgos culturales y fisiológicos del hombre. Cabe decir, sin exagerar un ápice, que la civilización tal vez sea producto de la actividad de los lóbulos frontales.

La información visual llega al cerebro por conducto del ojo y se concentra primordialmente en el lóbulo occipital, a la altura de la coronilla, mientras que las impresiones auditivas quedan localizadas en la capa superior del lóbulo temporal, bajo la sien. Existen indicios de que los diversos componentes del neocórtex están bastante menos evolucionados en los sujetos ciegos y sordomudos. Las lesiones del lóbulo occipital —como las que, por ejemplo, produce una herida por arma de fuego— comportan con frecuencia una merma del campo visual. La víctima puede ser perfectamente normal en

los demás aspectos, pero tendrá una visión periférica de los objetos, es decir, verá, frente a él, en el centro del campo visual normal, una densa mancha oscura. En otros casos se originan percepciones aún más extrañas, como las manchas movedizas de contornos geoméricamente regulares que obstaculizan el campo y los «paroxismos visuales» en los que, a título de ejemplo, el paciente percibe momentáneamente los objetos que están a su derecha y en el suelo como flotando en el aire y a su izquierda, habiendo descrito un giro espacial de 180 grados. Incluso es posible determinar la parte del lóbulo occipital que regula determinada función visual mediante la estimulación sistemática de los obstáculos que interfieren el campo visual en base a diversas lesiones occipitales. El menoscabo de la visión tiene muchas menos posibilidades de convertirse en crónico tratándose de pacientes jóvenes, pues sus cerebros poseen la facultad de regenerarse por sí solos o de transferir funciones sin dificultad a otras regiones circundantes. La facultad de conectar los estímulos auditivos con los visuales también se localiza en el lóbulo temporal. Las lesiones de esta región cerebral pueden manifestarse en forma de afasia que incapacita al sujeto afectado para captar la palabra hablada. Resulta notable y significativo que ciertos pacientes aquejados de lesiones cerebrales puedan expresarse oralmente sin dificultad pero sean incapaces de plasmar sus ideas por escrito, o a la inversa. Unas veces pueden escribir pero no leer y otras descifrar los números pero no las letras, o bien nombrar los objetos pero no los colores. En el neocórtex se da una marcada separación de funciones, lo que invalida el tópico de que leer y escribir, identificar palabras o números, son actividades muy afines. Se habla también —aunque no ha podido confirmarse— de lesiones cerebrales que impiden al sujeto comprender las frases en voz pasiva, las oraciones prepositivas, o las construcciones con posesivos. (Tal vez un día descubramos qué punto del cerebro regula el empleo del subjuntivo. ¿Resul tará entonces que los latinos están sobremanera dotados y los anglosajones considerablemente mermados en lo que toca a esta pequeñísima porción de la anatomía cerebral?) Según parece, determinadas abstracciones, como, por ejemplo, las «partes gramaticales de la oración» se hallan «impresas» en regiones específicas del cerebro, hipótesis realmente asombrosa.

En un caso clínico sorprendente, una lesión del lóbulo temporal impedía al paciente reconocer las caras de la gente, incluso de las personas más allegadas. Al serle mostrado el rostro de un individuo en la página opuesta a la que estaba examinando, dijo que «posiblemente» se trataba de una manzana. Incitado a que justificase esta interpretación, identificó la boca como una incisión en el fruto, la nariz como el rabillo doblado sobre la superficie y los ojos como dos agujeros o picaduras de gusano. El mismo paciente, podía, en cambio, identificar sin dificultad esbozos de casas y otros objetos inanimados. Un amplio capítulo de experimentos muestra que las lesiones del lóbulo temporal derecho producen amnesia en cuanto a ciertas manifestaciones de índole no verbal, en tanto que las lesiones del lóbulo temporal izquierdo originan una característica pérdida de memoria del lenguaje hablado.

Nuestra capacidad para leer y levantar mapas, para orientarnos en el espacio tridimensional y valem os de los símbolos pertinentes —facultades que a buen seguro intervienen, si no en su uso, en la elaboración del lenguaje—, queda seriamente afectada por las lesiones del lóbulo parietal, ubicado cerca de la coronilla, detrás y por encima de la cisura central. Un soldado que sufrió un profundo desgarr o del lóbulo parietal a causa de una herida de guerra estuvo todo un año sin poder orientar los pies para calzarse las zapatillas y menos todavía encontrar el camino hacia la cama en la sala del hospital. Sin embargo, terminó por recuperarse casi totalmente.

Una lesión de la circunvolución angular del neocórtex, en el lóbulo parietal, engendra alexia, o sea, incapacidad para descifrar la escritura. A lo que parece, el lóbulo parietal interviene en todo lo relacionado con el lenguaje simbólico del hombre. De todas las lesiones cerebrales, las del lóbulo parietal son las que provocan mayor deterioro intelectual si nos atenemos a las actividades de la vida cotidiana.

Rostro descrito por un paciente como una manzana. (O, desde otro ángulo: manzana descrita por un médico como una cara.) Según Teuber.

Entre las manifestaciones del pensamiento abstracto radicadas en el neocórtex del hombre destacan los lenguajes simbólicos, en especial la lectura, la escritura y la matemática, que parecen requerir la cooperación conjunta de los lóbulos temporal, parietal y frontal, y hasta quizá del occipital. Sin embargo, no todos los lenguajes simbólicos se localizan en las regiones neocorticales. Las abejas, en las que no existe la menor traza de neocórtex, poseen un

complicado lenguaje inspirado en movimientos al modo de una danza. Karl von Frisen, entomólogo austríaco, descubrió que con sus evoluciones las abejas se comunicaban datos acerca de la distancia y dirección de la fuente de alimentos. Se trata de un lenguaje gestual que reproduce, exagerándolos, los movimientos reales de la abeja cuando va en busca de alimento. Es como si nosotros nos encaminásemos hacia el refrigerador y deteniéndonos en seco nos restregásemos el vientre y dejáramos colgar la lengua. Pero los vocabularios de tales lenguajes son en extremo reducidos; a lo sumo de unas docenas de palabras. El aprendizaje que experimentan los adolescentes durante el largo periodo de la niñez parece ser una función casi exclusiva de neocórtex.

Si bien casi todo el proceso olfativo radica en el sistema límbico, una pequeña parte del mismo se produce en el neocórtex. La misma división de funciones parece ser aplicable a la memoria. Como ya he dicho, además de la corteza olfativa, una de las partes primordiales del sistema límbico es la corteza del hipocampo. Si se extirpa la corteza olfativa, los animales todavía pueden percibir los olores, aunque con mucha menos intensidad, lo que viene a demostrar una vez más que en el cerebro se da una redundancia de funciones. Existen indicios de que, en el hombre actual, la memoria olfativa «efímera» reside en el hipocampo. Puede que, originariamente, la función del mismo fuera tan sólo la retención momentánea de los olores, lo que sería de utilidad, por ejemplo, para seguir el rastro de una presa o para localizar a un individuo del sexo opuesto. Pero, en el hombre, una lesión bilateral del hipocampo constituye, como en el caso de H. M., un serio menoscabo de todo tipo de memoria «efímera». Los pacientes que sufren este tipo de lesiones olvidan sus experiencias, sin exagerar un ápice, a los pocos segundos. Es evidente que tanto el hipocampo como los lóbulos frontales tienen incidencia en la memoria efímera del ser humano.

Una de las muchas e interesantes consecuencias que se derivan de este hecho es que tanto la memoria efímera como la duradera se localizan mayormente en distintas porciones del cerebro. Parece que los reflejos condicionados — como los clásicos de los perros de Pavlov, que segregaban saliva al toque de una campana— se hallan localizados en el sistema límbico. Se trata ciertamente de una memoria duradera, pero de un género muy restringido. La auténtica y compleja retentiva propia del ser humano se halla emplazada en el neocórtex, lo que se corresponde con la aptitud del hombre para planear y anticiparse al futuro. Conforme vamos envejeciendo solemos olvidar cosas que a veces acabamos de oír, en tanto somos capaces de recordar con claridad y exactitud sucesos de nuestra infancia. En tales casos poco tienen que ver la memoria efímera o la memoria duradera. La dificultad reside en el acarreo de nuevo material a la memoria duradera. Penfield estimaba que esta merma de posibilidades era producto de la falta de irrigación del hipocampo en la edad senil, bien a causa de una arteriosclerosis bien por otros impedimentos fisiológicos. Así pues, las personas ancianas —y otras que no lo son tanto— pueden tener serias dificultades para acumular datos en la memoria efímera sin que por ello se resienta ni su vitalidad ni su inteligencia.

Existe un cúmulo de pruebas de tipo médico acerca de la conexión entre la irrigación sanguínea y las facultades intelectuales. Se sabe desde hace tiempo que los pacientes privados de oxígeno por espacio de unos minutos pueden experimentar graves menoscabos mentales con carácter permanente. Las intervenciones quirúrgicas para limpiar las arterias carótidas obstruidas e impedir así el ataque apoplético han traído aparejadas consecuencias beneficiosas no previstas. Según datos recogidos en un estudio sobre el tema, a las seis semanas de operados, los pacientes mostraban un incremento medio del coeficiente intelectual de dieciocho puntos, lo que constituye una mejora sustancial. Asimismo, se discute si la inmersión en oxígeno hiperbárico —o sea, oxígeno a muy alta presión— aumenta el grado de inteligencia en los niños de corta edad.

Este fenómeno muestra también la neta distinción entre memoria efímera y retentiva duradera, congruente con su localización en distintas partes del cerebro. Las camareras de los restaurantes de cocina rápida son capaces de recordar un impresionante número de datos, que luego transmiten correctamente a la cocina. Sin embargo, al cabo de una hora han olvidado todos los detalles ya que tal información se había almacenado únicamente en el área de la memoria efímera sin que mediara esfuerzo alguno para transferirla a la memoria duradera.

La mecánica de rememoración puede llegar a ser muy compleja. Muchas veces tratamos de evocar una palabra, un nombre, una cara, una experiencia del pasado sin conseguirlo, por más que nos esforzamos; la memoria se niega a suministrarnos el dato solicitado. Pero si acudimos a la evocación indirecta, rememorando algún detalle afín o marginal al objeto central de nuestra búsqueda, a menudo surge espontáneo el detalle que en vano tratábamos de recordar. (Algo parecido ocurre con el ojo humano.) Cuando miramos directamente a un objeto de luz tenue —una estrella, por ejemplo— entra en juego la fovea, es decir la parte de la retina donde la agudeza visual alcanza su máximo y en donde hay más abundancia de las células llamadas conos. Pero si apartamos levemente los ojos del objeto, o, por decirlo de otro modo, lo contemplamos de soslayo o con el rabillo del ojo, provocamos la intervención de los llamados bastoncillos, unas células sensibles a la débil luminosidad y, en consecuencia, capaces de percibir la estrella de luz tenue.

Sería interesante averiguar por qué el pensamiento indirecto activa el mecanismo de recordación. Puede que se deba a la simple conexión con el cauce recordatorio a través de otra senda neural. Pero ello no indica la existencia de una dinámica cerebral más efectiva.

Todos estamos familiarizados con la experiencia del brusco despertar de un sueño poblado de imágenes vividas, escalofrantes, premonitorias o destacables por otros conceptos, mientras nos decimos: «Ciertamente recordaré *este* sueño por la mañana»; y al día siguiente despertamos sin la menor idea del contenido del sueño o, a lo sumo, con leves



trazos del tono emocional. Por otra parte, si el sueño me inquieta lo suficiente como para despertar a mi mujer en mitad de la noche y contárselo, por la mañana no tengo dificultad alguna en recordarlo. Asimismo, si me tomo la molestia de anotar lo que acabo de soñar, al día siguiente me acuerdo perfectamente de todos los detalles sin necesidad de consultar las notas. Otro tanto cabe decir, por ejemplo, cuando se trata de memorizar un número de teléfono. Si me dan un número y quiero grabarlo en la mente, lo más probable es que acabe olvidándolo o equivocando alguna cifra; pero si repito el número en voz alta o lo escribo en un papel, puedo recordarlo perfectamente. Ello significa sin duda que hay en nuestro cerebro una zona que retiene el sonido y la imagen, pero no el pensamiento puro. Me pregunto si este tipo de memoria se configuró antes de que nuestra mente albergara demasiados pensamientos, cuando era más importante recordar el silbo de un reptil amenazante o la sombra de un halcón lanzándose en picado sobre su presa que nuestras ocasionales reflexiones filosóficas.

### Acerca de la naturaleza humana

A pesar de la misteriosa localización de funciones en el modelo de cerebro «trino», quiero señalar una vez más que no cabe hablar de una estricta separación de funciones so pena de simplificar en exceso la cuestión. Es indiscutible que en el hombre tanto el comportamiento ritual como el de carácter emotivo están fuertemente influenciados por el razonamiento abstracto de origen neocortical. Se han expuesto demostraciones analíticas acerca de la validez de convicciones puramente religiosas y se han aducido argumentos filosóficos para justificar el comportamiento jerarquizado, como puede ser la «demostración» de Thomas Hobbes sobre el hipotético derecho divino que asiste a los monarcas. De la misma manera, animales que nada tienen que ver con el hombre —y hasta algunos que ni siquiera pertenecen al orden de los primates— parecen estar en posesión de cierta capacidad de análisis. Esta es la impresión que decididamente me producen los delfines, como ya expuse en mi libro *La conexión cósmica*.

Sin embargo, a la vez que conviene retener estas puntualizaciones, creemos que es útil una primera aproximación que considere que los aspectos rituales y jerárquicos de nuestras vidas están muy influenciados por el complejo R y que ambos son también patrimonio de nuestros antepasados reptiloides; que los rasgos altruistas, emocionales y religiosos de nuestras vidas se hallan localizados en buena medida en el sistema límbico, y que los compartimos con nuestros ascendientes mamíferos no pertenecientes al orden de los primates, y hasta es posible que con las aves; y que el intelecto o la razón es una función del neocórtex que en cierto grado compartimos con los primates superiores y con cetáceos como los delfines y las ballenas. Si bien la conducta ritual, las emociones y la función discursiva son todos ellos aspectos muy significativos de la naturaleza humana, cabe afirmar que el rasgo más específico del hombre es su capacidad de raciocinio y formulación de abstracciones. La curiosidad y el afán de resolver dilemas constituyen el sello distintivo de nuestra especie. Por otra parte, las actividades que mejor identifican al hombre como ser pensante son las matemáticas, la ciencia, la técnica, la música y las artes, una gama de temas algo más amplia de lo que normalmente se incluye bajo el epígrafe de las «humanidades». Ciertamente, tomado en su acepción más corriente, este término refleja una singular estrechez de miras acerca de lo genuinamente humano. La matemática entra en el capítulo de las humanidades con el mismo derecho que la poesía. Por lo demás, las ballenas y los elefantes pueden ser tan «humanos» como el hombre.

*Mosaico II*, obra de M. C. Escher.

El modelo de cerebro trino deriva de los estudios realizados sobre el comportamiento y la neuroanatomía comparados. Sin embargo, la especie humana no desconoce el análisis introspectivo veraz y genuino, y si el modelo de cerebro trino es exacto cabe esperar que hallemos algún indicio de su existencia en la historia del empeño humano por conocerse a sí mismo. La hipótesis más conocida y que recuerda hasta cierto punto la del cerebro trino es la división que establece Sigmund Freud del psiquismo humano al clasificarlo en las categorías del *ello*, el *ego* y el *superego*. Los aspectos relacionados con la agresividad y la sexualidad que hallamos en el complejo R corresponden satisfactoriamente a la descripción que Freud nos ofrece del *ello* (por ejemplo, la condición animal de nuestra naturaleza). Pero por lo que a mí se me alcanza, en su definición del *ello* Freud no da excesiva preponderancia a los aspectos rituales o sociojerárquicos del complejo R. El psicólogo vienes habla de las emociones —en particular la «experiencia oceánica», que viene a ser el equivalente freudiano de la epifanía religiosa como una función del *ego*. Sin embargo, no presenta al *superego* como el emplazamiento básico del razonamiento abstracto, sino más bien como elemento de absorción de las constricciones sociales y familiares, que en el caso del cerebro trino sospechamos constituyen ante todo una función del complejo R. Por todo ello me veo obligado a considerar que la mente tripartita que propone el psicoanálisis presenta escasas concomitancias con el modelo del cerebro trino.

Tal vez una metáfora más válida sea la división de la mente que efectúa Freud al hablar de lo consciente, lo preconsciente, es decir, de lo que permanece latente pero que es aprehensible, y del inconsciente, o sea, todo lo que por estar reprimido escapa a un primer análisis. Cuando Freud dijo, refiriéndose al hombre, que «su capacidad para contraer neurosis es simplemente el anverso de su capacidad para progresar en el orden cultural», el científico estaba pensando en la tensión que existe entre los diversos componentes de la psique. Freud llamó a las funciones del inconsciente «procesos primarios».

La alegoría de la psique contenida en *Fedro*, el diálogo platónico, encierra una concordancia de orden superior. Sócrates compa ra el alma humana a un carro tirado por dos caballos, uno blanco y otro negro, que empujan en distintas direcciones y a los que el auriga apenas acierta a dominar. La metáfora del carro y del auriga se asemeja notablemente a

la noción de almacén neural que propone MacLean. Los dos caballos representan el complejo R y la corteza límbica, mientras que el auriga que apenas puede controlar las sacudidas del carro y el galope de los caballos equivale al neocórtex. Freud, utilizando otra metáfora, habla del *ego* como de un jinete que monta un potro desbocado. Tanto la alegoría freudiana como la platónica ponen de relieve la considerable independencia y la tensión existente entre las partes constitutivas de la psique, rasgo que caracteriza al ser humano como tal y del que nos ocuparemos más adelante. Debido a las conexiones neuroanatómicas entre los tres componentes, el cerebro trino, al igual que el carro de *Fedro*, también podría ser tomado como una metáfora. En todo caso, es muy probable que resulte ser una metáfora de considerable hondura y utilidad.

## El Edén como metáfora. La evolución del hombre

Entonces no te sentirás perdido al tener que abandonar este paraíso, sino que poseerás un paraíso dentro de ti, mucho más dichoso ... Cogidos de la mano, lentamente y con paso vacilante, salieron del Edén y emprendieron su solitario camino.

JOHN MILTON, *El Paraíso perdido*

¿Por qué abandonaste las sendas holladas por el hombre y prematuramente, con escasas fuerzas pero con ánimo valeroso, osaste enfrentarte al dragón indómito en su guarida? Indefenso como estabas, ¡ay!, ¿dónde se ocultaba la sensatez, ese escudo espejado ...?

PERCY B. SHELLEY, *Adonais*

**H**abida cuenta su superficie externa, los insectos son muy livianos de peso. Una abeja lanzada desde gran altura alcanza en seguida su velocidad punta. La resistencia del aire impide que se precipite con excesiva violencia, y de allí que después de caer al suelo observemos que se aleja por sus propios medios sin mayores contratiempos. Otro tanto puede decirse de los pequeños mamíferos, como por ejemplo las ardillas. Un ratón puede ser arrojado a un pozo de mina de unos trescientos metros de profundidad y si el terreno es blando llegará al fondo aturrido pero esencialmente indemne. Por el contrario, el ser humano puede quedar tullido o perder la vida si se precipita de una altura que exceda los cuatro metros; dada nuestra talla, pesamos demasiado en proporción a la superficie externa de nuestro cuerpo. Por consiguiente, nuestros antepasados arborícolas tenían que proceder con mucha cautela ya que cualquier error al columpiarse de rama en rama podía resultarles fatal. Cada salto constituía una oportunidad de cara a la evolución de la especie. Poderosas fuerzas selectivas entraban en juego para engendrar organismos gráciles y ligeros, dotados de visión binocular, múltiples aptitudes manipulativas, magnífica coordinación entre el órgano de la vista y las manos y una captación intuitiva de la gravitación newtoniana. Cada una de estas facultades requirió sustanciales progresos en la evolución del cerebro y, muy en especial, de las neocortezas de nuestros antepasados. El intelecto humano lo debe esencialmente todo a los millones de años que nuestros antecesores pasaron en solitario colgados de los árboles.

Cabe preguntarse si una vez de regreso al llano y la sabana, lejos de los árboles, echamos de menos los majestuosos y formidables saltos y el éxtasis de la ingravidez bajo los rayos solares que se filtraban por la techumbre arbórea. ¿Tiene el reflejo de temor en el niño de hoy la misión de impedir que caiga de la copa de un árbol? ¿Hay en nuestras ensoñaciones nocturnas de extraños vuelos y en el afán de surcar los cielos que siente el hombre, como nos muestran los casos de Leonardo da Vinci o de Konstantin Tsiol-kovskii, reminiscencias nostálgicas de los días transcurridos en las ramas de los corpulentos árboles de la selva?

Las modernas técnicas empleadas en la fabricación de cohetes y en la exploración espacial deben muchísimo al doctor Robert H. Goddard, quien a lo largo de muchas décadas de abnegada investigación en solitario impulsó decisivamente todos los aspectos básicos de la tecnología de los proyectiles. Goddard se interesó por este campo en un instante de mágica inspiración. En el otoño de 1899, hallándose en Nueva Inglaterra, Goddard, que contaba diecisiete años y era estudiante de último curso de enseñanza media, se subió a un cerezo y mientras paseaba distraídamente la mirada por el suelo tuvo la etérea visión de un vehículo que transportaba seres humanos al planeta Marte; desde aquel momento decidió dedicar su esfuerzo a esa tarea. Exactamente un año después volvió a trepar al árbol, y en adelante, hasta el resto de sus días, hizo del 19 de octubre una fecha conmemorativa de aquel momento de inspiración. ¿Es realmente un azar que esta visión de los viajes espaciales, que se hizo luego realidad histórica por propia dinámica, tuviera por marco las ramas de un árbol?

Las manos de los animales están adaptadas a su forma de vida, y a la inversa. En la figura se muestran los apéndices de A) el opósum; B) la tupaya; C) el potto (primate de África occidental); D) el *tarsius* (tarsero); E) el babuino (la parte del apéndice que sirve a la vez de mano y de pie); F) el orangután, adaptado a la función braquial; G) el hombre, dotado de un pulgar oponible y relativamente largo.

Otros mamíferos, incluso algunos no pertenecientes ni al orden de los primates ni al de los cetáceos, poseen neocortezas cerebrales. Interesa, sin embargo, preguntarse cuándo se produjo la primera gran mutación del neocórtex. Aunque ninguno de los simios de los que descendemos está presente entre nosotros para aclararnos este punto, podemos responder a la cuestión, o por lo menos intentarlo, recurriendo al examen de los cráneos fósiles. En el hombre, en los antropoides y en los monos, así como en otros mamíferos, el cerebro ocupa casi por completo la cavidad craneal, lo cual no ocurre, por ejemplo, en los peces. En consecuencia, si sacamos el molde de un cráneo, podemos determinar lo que se conoce como el volumen endocraneal de nuestros antepasados directos y colaterales al tiempo que efectuar estimaciones aproximadas del volumen de sus cerebros.

A estas alturas los paleontólogos todavía no se han puesto de acuerdo sobre quiénes son los verdaderos antecesores del hombre, y apenas transcurre un año sin que aparezca el fósil de un cráneo asombrosamente parecido al del hombre actual mucho más antiguo de lo que hasta ahora se creía posible. Lo que sí parece cierto es que hará unos cinco

millones de años abundaban los animales de apariencia antropoide, como los gráciles australopitecos, que caminaban sobre dos patas y cuyo volumen cerebral era de unos 500 centímetros cúbicos, es decir, unos cien centímetros cúbicos más que el cerebro de un chimpancé de nuestros días. Sobre la base de estos indicios, los paleontólogos han llegado a la conclusión de que «el bipedismo precedió a la encefalización», con lo que se quiere significar que nuestros antecesores caminaron sobre dos patas antes de contar con un cerebro de buen tamaño.

Hace tres millones de años existía gran variedad de criaturas bípedas con una amplia gama de volúmenes craneales, algunos muchísimo mayores que el del australopiteco grácil del África oriental que viviera unos pocos millones de años antes. Uno de ellos, al que L. S. B. Leakey —el conocido antropólogo anglokeniata que tanto ha estudiado al hombre primitivo— denominó *Homo habilis*, poseía un volumen cerebral de unos 700 centímetros cúbicos. La arqueología nos proporciona también indicios de que el *Homo habilis* fabricaba herramientas. El primero que avanzó la idea de que el empleo de herramientas constituye a la vez causa y efecto del caminar sobre dos piernas, con la consiguiente liberación de las manos, fue Charles Darwin. El hecho de que cambios de conducta tan significativos vayan acompañados por otros igualmente significativos en el volumen cerebral no demuestra que lo uno sea la causa de lo otro. Sin embargo, nuestro comentario anterior hace que este vínculo causal aparezca como muy probable.

Una familia de australopitecos gráciles hace cinco millones de años.

El cuadro de la página 93 resume el tema de los restos fósiles, tal como lo conocíamos en 1976, acerca de nuestros más recientes antepasados y parientes colaterales. Las dos clases distintas de australopitecos halladas hasta ahora no pertenecían al género *Homo*; no eran hombres, sino bípedos todavía incompletos cuya masa cerebral equivalía tan sólo a una tercera parte de la que ostenta hoy por término medio el hombre adulto. Suponiendo que nos encontráramos con un australopiteco, digamos en el metro, tal vez lo que más nos llamaría la atención sería la casi ausencia total de frente. Era el menos evolucionado de los antropoides. Existen marcadas diferencias entre las dos clases de australopitecos. La especie robusta era de más envergadura y mayor peso, con una dentadura más poderosa y una notable estabilidad evolutiva. El volumen endocraneal de un *A. robustus* varía muy poco de un espécimen al otro a lo largo de millones de años. Volviendo de nuevo a los australopitecos gráciles y basándonos una vez más en su dentadura podemos presumir que comían carne y también vegetales. Eran de menor envergadura que el hombre y más flexibles, como su nombre indica. Sin embargo, son considerablemente más viejos y presentan mucha más variación en cuanto al volumen endocraneal que sus robustos primos. Y, lo que es más importante, la ubicación de los restos del australopiteco grácil se halla asociada al hallazgo de lo que reviste todo el carácter de un oficio: la fabricación de útiles de piedra y de huesos, cuernos y dientes de animales tallados meticulosamente, partidos, frotados y pulimentados para conseguir herramientas de corte y bruñido o de útiles para triturar y machacar. En cambio no se han encontrado herramientas asociadas a los restos fósiles del *A. robustus*. La proporción entre el peso del cerebro y la masa del cuerpo en la especie grácil es de casi el doble que en la especie robusta, por lo que resulta lógico preguntarse si este factor es el que marca la diferencia entre la aptitud para construir herramientas o la incapacidad para ello. Aproximadamente por la época en que surge el *A. robustus* apareció un nuevo animal, el *H. habilis*, al que cabe considerar como el primer hombre genuino. Tanto en el aspecto corporal como en lo relativo al peso del cerebro, era más desarrollado que los dos tipos de australopitecos, y la proporción entre su masa cerebral y peso del cuerpo era aproximadamente la misma que la detectada entre los australopitecos gráciles. Apareció en una época en que por razones climáticas la tierra se iba deforestando. El *H. habilis* habitaba en las vastas sabanas africanas, un medio sobremanera estimulante poblado por una enorme variedad de depredadores y presas. En estas llanuras de matorral aparecieron tanto el primer hombre con los rasgos actuales como el primer caballo según hoy lo conocemos. Fueron, por así decirlo, casi coetáneos.

En los últimos sesenta millones de años se ha producido una incesante evolución de los ungulados, como registran perfectamente los restos fósiles, proceso que culminó en el caballo actual. El *Eohipos* o «caballo de la aurora» de hace cincuenta millones de años era poco más o menos del tamaño de un perro pastor escocés, con un volumen cerebral de unos veinticinco centímetros cúbicos y una proporción entre masa cerebral y peso corporal de aproximadamente la mitad de la de un mamífero contemporáneo de tamaño equivalente. Desde entonces los caballos han experimentado una fantástica transformación tanto en el tamaño absoluto como relativo del cerebro, incorporando notables innovaciones en el neocórtex y muy en especial en los lóbulos frontales, evolución acompañada ciertamente por notables incrementos en el grado de inteligencia equina. Me pregunto si el progreso paralelo de la inteligencia en el caballo y en el hombre tiene una causa común. ¿Necesitaban los caballos, por ejemplo, tener ligereza de cascos, sentidos muy finos e inteligencia despierta para escapar de los depredadores que acechaban tanto a los primates como a los equinos?

El *H. habilis* tenía una frente amplia, lo que sugiere un notable desarrollo de las zonas neocorticales de los lóbulos frontal y temporal así como de las regiones cerebrales, aspecto del que trataremos más adelante. Dicho desarrollo parece guardar relación con la facultad del habla. En el supuesto de que llegáramos a tropezarnos con un *H. habilis* vestido a la última moda en el bulevar de una metrópoli moderna, posiblemente nos limitaríamos a echarle un rápido vistazo, y ello quizá sólo en razón de su corta estatura. En conexión con el *H. habilis* se han encontrado una gran variedad de herramientas muy perfeccionadas. Además, tomando como base algunas disposiciones circulares de piedras existen motivos para suponer que el *H. habilis* construía sus propios habitáculos, y que mucho antes de las épocas glaciares del pleistoceno, o, mucho antes de que los hombres vivieran habitualmente en las cavernas, el *H. habilis* ya construía viviendas al descampado, probablemente de madera, junco, hierba y piedra.

La sabana de África oriental cerca del paso de Olduvai hace unos millones de años. A la derecha del dibujo, en primer plano, se distinguen tres homínidos, tal vez australopitecus o especímenes de *Homo habilis*. El volcán en activo que se divisa al fondo corresponde al actual monte Ngorongoro.

Dado que el *H. habilis* y el *A. robustus* hicieron su aparición casi al mismo tiempo, es muy improbable que el uno fuera antepasado del otro. Los australopitecus gráciles coexistían con el *H. habilis*, pero la especie de los primeros se había originado mucho tiempo antes. Por lo tanto, es posible, aunque en modo alguno quepa afirmarlo con seguridad, que tanto el *H. habilis*, con un futuro evolucionista prometedor, como el *A. robustus*, un ser llegado al límite de su evolución, surgieran del grácil *A. africanus*, que sobrevivió el tiempo suficiente como para ser contemporáneo de ambos.

El primer hombre cuyo volumen endocraneal coincide con el del hombre actual es el llamado *Homo erectus*. Desde hacía muchos años los principales especímenes de *H. erectus* se hallaban ubicados en China y se estimaba que tenían cerca de medio millón de años. Sin embargo, en 1976, Richard Leakey, director de los Museos Nacionales de Kenya, dio cuenta del hallazgo de un cráneo casi completo de *H. erectus* en unos estratos geológicos con un millón y medio de años de antigüedad. Habida cuenta de que los especímenes de *H. erectus* hallados en China están claramente asociados a residuos de fogatas, es posible que nuestros antepasados conociesen el uso del fuego desde hacía mucho más de un millón y medio de años, lo que desplaza la figura de Prometeo a tiempos mucho más pretéritos de cuanto se pensaba.

Quizá el aspecto más notable de los hallazgos arqueológicos de útiles y herramientas es que aparecen desde el principio en gran cantidad. Uno tiene la impresión de que un inspirado *A. grácil* descubrió el uso de las herramientas e inmediatamente empezó a enseñar la técnica de su construcción a parientes y amigos. No hay modo de explicar la intermitente aparición de útiles de piedra, salvo en el caso de que los australopitecus contaran con instituciones educativas. Forzosamente tuvo que existir una especie de comunidad o hermandad de artesanos de la piedra que transmitió a las sucesivas generaciones sus preciosos conocimientos sobre fabricación y el uso de las herramientas, conocimientos que en última instancia llevarían a los débiles y casi indefensos primates al dominio del planeta Tierra. Lo que no es posible determinar es si el género *Homo* inventó por su cuenta las herramientas o aprovechó alguna técnica de construcción concebida por el género *Australopithecus*.

Consultando el cuadro antedicho observamos que la proporción entre cerebro y masa corpórea es aproximadamente la misma para los *A. gráciles*, el *H. habilis*, el *H. erectus* y el hombre actual. En consecuencia, no es posible explicar los progresos realizados en los últimos millones de años atendiendo a la mera proporción entre masa cerebral y masa corpórea, sino más bien tomando en cuenta el incremento total de la masa cerebral, la especialización perfeccionada de nuevas funciones, un aumento en la complejidad de la estructura cerebral y, muy especialmente, el aprendizaje extrasomático.

L. S. B. Leakey puso de relieve que la crónica fósil de hace unos pocos millones de años refleja la existencia de una gran variedad de especies antropomorfas, muchas de las cuales aparecen con agujeros o fracturas en el cráneo. Es posible que algunas de estas heridas fuesen infligidas por leopardos o hienas, pero Leakey y el anatomista sudafricano Raymond Dart estaban convencidos de que muchas de ellas fueron causadas por nuestros antecesores. Es casi seguro que durante el plioceno y el pleistoceno existió una intensa rivalidad entre muchas formas antropoides, de las que sólo sobrevivió un tronco: el de los que dominaban el uso de los útiles y herramientas, el tronco que desemboca en el hombre actual. Queda sin resolver la cuestión del papel que desempeñaron las matanzas en el cuadro de estas rivalidades. Los australopitecus gráciles caminaban erectos, eran ágiles, veloces y medían alrededor de un metro de altura, es decir, eran individuos de «estatura enana». A veces me pregunto si las leyendas en torno a gnomos, gigantes y enanos no serán una remembranza genética o cultural de esos remotos tiempos.

A la vez que el volumen craneal de los homínidos sufría este incremento espectacular, sobrevino otra transformación asombrosa de la anatomía humana. Tal y como ha observado el anatomista británico sir Wilfred Le Gros Clark, de la Universidad de Oxford, se produjo una remodelación total de la pelvis. Con toda probabilidad se trató de una adaptación para facilitar el parto de la generación de individuos dotados de una consistente masa cerebral. Si en la actualidad se produjera otro agrandamiento sustancial de la banda pélvica en la región del conducto natal, las mujeres verían muy dificultada la tarea de caminar. (Al nacer, las niñas poseen una pelvis y una abertura ósea mucho más grande que la de los niños; al llegar a la pubertad, la pelvis de la adolescente vuelve a sufrir un notable agrandamiento.) La aparición paralela de estas dos efemérides evolucionistas ilustra fehacientemente cómo opera la selección natural. Las madres que habían heredado pelvis dilatadas pudieron engendrar criaturas dotadas de cerebros grandes que una vez llegadas al estado adulto y a causa de su intelecto superior competían ventajosamente con la descendencia, menos dotada cranealmente, alumbrada por madres con una abertura pélvica más reducida. En los tiempos pleistocénicos el individuo que poseía un hacha de piedra era quien tenía más probabilidades de salir victorioso en una disputa. Y lo que es más importante, era mejor cazador. Pero la invención y la construcción ininterrumpida de hachas de piedra exigía mayores volúmenes cerebrales.

Que yo sepa, el alumbramiento es normalmente doloroso en una sola de los millones de especies animales que pueblan la tierra: la del ser humano. Posiblemente ello sea consecuencia del reciente e incesante incremento de la capacidad craneal. El cráneo de los hombres y mujeres de nuestros días posee doble capacidad que el cráneo del *H.*

*habilis*. El alumbramiento es doloroso porque la evolución del cráneo humano ha sido espectacularmente rápida y reciente. El anatomista norteamericano C. Judson Herrick aludió al desarrollo del neocórtex en los siguientes términos: «Su formidable crecimiento en la última fase filogenética constituye uno de los ejemplos más llamativos de transformación evolutiva que conoce la anatomía comparada». El cierre incompleto del cráneo al nacer, la hendidura de la cubierta ósea llamada fontanela, es con toda probabilidad una adaptación imperfecta a esta reciente evolución del cerebro.

En el libro del Génesis hallamos una insólita explicación del nexo entre la evolución de la inteligencia y el dolor del parto. Como castigo por comer la fruta del árbol del conocimiento del bien y del mal, Dios dice a Eva:<sup>2</sup> «Parirás con dolor» (Génesis, 3,16).

El juicio de Dios sobre la serpiente fue el de que en adelante «reptarás sobre tu vientre», dando a entender que con anterioridad, los reptiles tenían otra forma de desplazarse, lo cual coincide exactamente con la realidad, puesto que los antecesores de las serpientes eran unos animales de cuatro patas parecidos a los dragones. Muchos ofidios conservan todavía en su cuerpo vestigios de los miembros de sus antecesores.

Es interesante hacer notar que Dios no prohíbe la adquisición de todo tipo de conocimiento, sino, de manera específica, el conocimiento de la diferencia entre el bien y el mal, es decir, los juicios abstractos y morales, que de residir en alguna parte del cerebro se ubicarían en el neocórtex. Incluso en la época en que se escribió el relato del Paraíso, el perfeccionamiento de las facultades cognoscitivas se asociaba a la idea del hombre cargado de atributos divinos y tremendas responsabilidades. Dijo Yhavé, Dios: «He aquí al hombre hecho como uno de nosotros, conocedor del bien y del mal; que no vaya ahora a tender su mano al árbol de la vida, y comiendo de él, viva para siempre» (Génesis, 3,22). Así pues, el hombre debe ser expulsado del Paraíso y Dios coloca al este del Edén una guardia de querubines con flameantes espadas para mantener al Árbol de la Vida lejos de las ambiciones del hombre.

El texto bíblico habla de querubines, en plural, y en el Génesis (3,24) se habla específicamente de una espada flamígera. Es de suponer que este tipo de espada no abundaba

Tal vez el jardín del Edén no sea tan distinto de la Tierra como se les mostraba a nuestros antepasados de hace tres o cuatro millones de años, en el curso de una legendaria época dorada en la que el género *Homo* vivía en perfecta armonía con los restantes animales y vegetales. Según el relato bíblico, tras su expulsión del paraíso la humanidad es condenada a morir; a ganar el pan con su esfuerzo; a vestirse y guardar un cierto pudor como preventivos de la estimulación sexual; a la férula de los hombres sobre las mujeres; al cultivo de las plantas (Caín); a la domesticación de los animales (Abel) y al asesinato (Caín y Abel). Todos estos aspectos se ajustan con bastante exactitud a los indicios históricos y arqueológicos. No hallamos en la metáfora del Edén prueba alguna de asesinato antes de la Caída. Sin embargo, los cráneos fracturados de bípedos no pertenecientes al tronco evolutivo del hombre pueden constituir un indicio de que nuestros antepasados dieron muerte, incluso en el mismo Edén, a muchos animales antropomorfos.

La civilización arranca no de Abel, sino de Caín el homicida. El mismo término «civilización» deriva del vocablo latino para designar la ciudad. Fue el tiempo libre, la organización comunal y la especialización de la actividad laboral en las primeras ciudades lo que propició la aparición de las artes y de las técnicas que consideramos como pruebas de contraste de las distintas civilizaciones. Según el Génesis, la primera ciudad fue construida por Caín, el inventor de la agricultura, actividad que requiere un asentamiento fijo, y fueron sus descendientes, los hijos de Lamec, los que inventaron tanto «los instrumentos cortantes de bronce y de hierro» como los instrumentos musicales. La metalurgia y la música, es decir, la técnica y el arte, son patrimonio de la estirpe de Caín. Por otro lado, las pasiones exacerbadas que conducen al asesinato no se atemperaron. Así, Lamec dice: «Por una herida mataré a un hombre y a un joven por un cardenal; si Caín fue vengado siete veces, Lamec lo será setenta veces siete». Desde entonces conocemos el nexo entre asesinato e invención. Uno y otro derivan de la agricultura y de la civilización.

Una de las primeras consecuencias de las facultades anticipatorias inherentes a la evolución de los lóbulos prefrontales debe haber sido la conciencia de la muerte. Con toda seguridad el hombre es el único organismo en la tierra con una idea relativamente clara de la inevitabilidad del destino que le aguarda. Los diversos ceremoniales fúnebres, entre los que se incluye el depósito de alimentos y de objetos junto al cuerpo del fallecido, se remontan por lo menos a la época de nuestro pariente el hombre de Neanderthal, lo que indica no sólo una dilatada conciencia de la muerte, sino también una ceremonia ritual ya configurada que tiende a procurar sustento a los muertos en la otra vida. No es que la idea de la muerte estuviera ausente antes del espectacular desarrollo del neocórtex y de la expulsión del paraíso; lo que ocurre es que hasta aquel momento nadie había reparado en que la muerte sería su destino último.

La alegoría de la expulsión del paraíso parece ser una metáfora apropiada para algunas de las efemérides biológicas más importantes acaecidas en la evolución reciente del hombre. Puede que en ello radique la amplia difusión que goza.

. En Occidente, quede bien claro. Por supuesto que en otras culturas abundan también las leyendas clarividentes y cargadas de contenido sobre el origen de la especie humana.

Sin embargo, no es tan extraordinaria como para inducirnos a creer en una especie de memoria biológica de eventos históricos del pasado, aunque desde mi punto de vista se me antoja próxima a ello, hasta el punto de que bien merece la pena asumir el riesgo de plantear por lo menos la cuestión. El único depositario de la mentada memoria biológica es,

por supuesto, el código genético.

Hace cincuenta y cinco millones de años, durante el eoceno, se dio una gran proliferación de primates, tanto de los que habitaban en los árboles como en el suelo, y se inició un tronco que desembocaría en la aparición del hombre. Algunos primates de aquella época —tal es el caso, por ejemplo, de un prosimio llamado *Teto-nius*— presentan en los moldes endocraneales obtenidos pequeñas protuberancias en el mismo lugar en que más tarde se originarán los lóbulos frontales.

*La creación de Adán.* Relieve de las puertas de la iglesia de San Pedro, Bolonia, obra de Jacopo della Quercia.

La primera evidencia fósil de un cerebro con un aspecto vagamente humano se remonta al periodo miocénico, dieciocho millones de años atrás, cuando hace su aparición un antropoide al que conocemos como el *Procónsul* o *Dryopithecus*. El *Procónsul* era cuadrúpedo y arbóreo y, probablemente, antepasado de los grandes simios de hoy, así como también del *Homo sapiens*. Sus rasgos son poco más o menos los que cabía esperar de un antepasado común de los simios y de los hombres.

*La tentación de Adán y Eva* por una serpiente dotada de una singular cabeza humana. Relieve de las puertas de la iglesia de San Pedro, Bolonia, obra de Jacopo della Quercia.

Algunos antropólogos consideran que el *Ramapithecus*, que apareció aproximadamente por la misma época, es el antepasado del hombre.) Los moldes endocraneales del *Procónsul* muestran unos lóbulos frontales apreciables, pero unas convoluciones neocorticales mucho menos desarrolladas que las del mono y el hombre actual. Su volumen craneal era todavía muy pequeño. El hito más importante en la evolución de la capacidad craneal tuvo lugar en los últimos millones de años.

*La expulsión del Paraíso terrenal.* Relieve de las puertas de la iglesia de San Pedro, Bolonia, obra de Jacopo della Quercia.

Se ha dicho que los pacientes que han sufrido lobotomías pre-frontales han perdido «el sentido continuado de identidad», es decir, la sensación de ser un individuo distinto de los demás con un cierto dominio sobre sus actos y circunstancias, lo que podríamos llamar la «egocidad», el carácter de único que se posee en tanto que individuo. Es muy posible que los mamíferos inferiores y los reptiles, por carecer de extensos lóbulos frontales carezcan también de este sentimiento, real o ilusorio, de individualidad y libre albedrío que tanto caracteriza al ser humano y que tal vez el *Procónsul* experimentara levemente por vez primera. Es muy probable que los avances culturales y la evolución de aquellos rasgos fisiológicos que consideramos privativos del hombre hayan venido literalmente de la mano: cuanto mejores sean nuestras predisposiciones genéticas a la carrera, la comunicación social y la manipulación instrumental, mayores serán también las probabilidades de que desarrollemos útiles y estrategias de caza efectivas; cuanto mayor sea la adaptabilidad de dichos útiles y estrategias, mayores serán las posibilidades de supervivencia de nuestra dotación genética característica. Uno de los principales exponentes de esta teoría, el antropólogo norteamericano Sherwood Washburn, de la Universidad de California, ha dicho: «Mucho de lo que consideramos como propio del hombre se desarrolló mucho tiempo después de que empezaran a utilizarse las herramientas. Probablemente sea más exacto pensar que buena parte de nuestra estructura es el resultado de un proceso cultural que no creer en la existencia de unos seres anatómicamente semejantes a nosotros que lenta y progresivamente han ido desarrollando la cultura».

Algunos estudiosos de la evolución humana consideran que buena parte de la presión selectiva que se oculta tras ese trascendental evento en el proceso de cerebración se dio primero en la corteza motora, y no en las regiones neocorticales que regulan los procesos cognoscitivos. Subrayan así la notable aptitud del ser humano para lanzar proyectiles y dar certeramente en el blanco, andar airoso y correr desnudos —como Louis Leakey gustaba de ilustrar con su propia persona— hasta rebasar en su carrera e inmovilizar a los animales de caza. Es posible que deportes como el béisbol, el fútbol y la lucha libre, así como las pruebas atléticas y las competiciones de campo a través, el juego del ajedrez y la guerra en general deban su atractivo, así como la gran participación que en ellos tiene la población masculina, a estas condiciones para la caza «impresas» en nuestro cerebro que tanta utilidad han reportado al hombre durante millones de años, pero que hoy pierden progresivamente aplicaciones prácticas.

La invención del lenguaje humano marcó un hito fundamental en la evolución del hombre. Entre sus manifestaciones más acabadas estaba, como muestra la imagen, el relato de viva voz, forma cultural anterior a la invención de la escritura.

Tanto la defensa efectiva contra los depredadores como la caza eran necesariamente tareas de grupo. El medio físico en que apareció el hombre —en África ocurrió durante el plioceno y el pleistoceno— estaba habitado por una gran variedad de fieros mamíferos carnívoros, los más temibles de los cuales eran, quizás, las carnívoras de hienas gigantes. Era sumamente difícil repeler en solitario el ataque de una de estas carnívoras. Acechar presas de gran tamaño, bien aisladas bien en rebaño, es tarea peligrosa que requiere de los cazadores cierto grado de comunicación mediante señas o ademanes. Nos consta, por ejemplo, que poco tiempo después de que el hombre llegase a Norteamérica por el

estrecho de Bering, durante el pleistoceno, hubo grandes y espectaculares matanzas de animales de caza de gran tamaño, a menudo haciendo que los rebaños se despeñaran por los barrancos. Para poder acechar a una sola bestia salvaje o provocar una estampida que conduzca a la muerte a un rebaño de antílopes es preciso que los cazadores hagan un mínimo uso del lenguaje simbólico. El primer acto de Adán, mucho antes de la Caída e incluso antes de la creación de Eva, fue de orden lingüístico: poner nombres a los animales del paraíso.

Ni que decir tiene que algunas formas de lenguaje simbólico mediante gestos se originaron mucho antes de que aparecieran los primates. Los cánidos y muchos otros mamíferos que establecen jerarquías de dominio muestran actitud de sumisión bien apartando los ojos bien doblando la cerviz. Nos hemos referido ya a otros rituales de sumisión en primates tales como los macacos. Es posible que, en el hombre, las reverencias, breves inclinaciones de cabeza y otros actos de cortesía tengan un origen similar. Muchos animales parecen subrayar la amistad mordiendo a su compañero sin hacerle daño como diciéndole: «Podría morderte con fuerza, pero prefiero no hacerlo». El saludo con la mano derecha alzada, habitual en el ser humano, tiene exactamente el mismo significado: «Podría atacarte con un arma, pero prefiero no empuñarla».

A veces, levantar la mano con la palma abierta se interpreta como un símbolo «universal» de buena voluntad. Así parece que ha sido desde los días de la guardia pretoriana hasta la época de los exploradores sioux. Dado que, según muestra la historia humana, es el hombre quien empuña las armas arrojadas, alzar la mano debería ser, y por lo general lo es, un saludo genuinamente masculino. Por esas y otras razones, la placa que a bordo de la nave espacial *Pioneer 10* —el primer artefacto de la historia que abandonó el sistema solar— exhibía las figuras de un hombre y una mujer desnudos; el hombre con la mano en alto, abierta, en actitud de saludo (véase la ilustración de la pág. 240). En *La conexión cósmica* aludo a los dos personajes que figuran en dicha placa como la parte más oscura del mensaje. De todos modos vacilo y me digo que tal vez otros seres de muy distinta biología sepan interpretar el significado del gesto del hombre.

Muchos pueblos cazadores han hecho un uso considerable del lenguaje por signos o gestos, como, por ejemplo, los indios americanos de las llanuras, que también realizaban señales de humo.

Según Hornero, la victoria de los helenos en Troya fue comunicada desde Ilium a Grecia, situada a una distancia de varios centenares de kilómetros, mediante una sucesión de fogatas. Eso ocurría alrededor del año 1100 a.C. Sin embargo, tanto el repertorio de ideas como la rapidez con que pueden comunicarse mediante signos o gestos son limitados. Darwin señaló la inoperancia de estos lenguajes si tenemos las manos ocupadas, cuando es de noche o si algún obstáculo nos impide ver las manos del interlocutor. No resulta difícil imaginar que el lenguaje por señas o por ademanes fuese sustituido gradualmente, y finalmente suplantado de lleno, por el lenguaje oral, que en un principio tal vez consistiera en simples sonidos onomatopéyicos, es decir, imitativos del sonido del objeto o de la acción que estamos expresando. Los niños llaman a los perros «guau-guau». En casi todos los lenguajes del hombre el término que el niño utiliza para decir «madre» parece una evocación del sonido que emitía inadvertidamente mientras era amamantado. Pero lo importante es que todos estos hechos no pueden haberse producido sin una reestructuración del cerebro.

Hoy sabemos, en base a los restos óseos del hombre primitivo, que nuestros antepasados eran cazadores. Sabemos lo suficiente acerca de la caza de animales corpulentos para comprender que se precisa una forma u otra de comunicación para acechar una presa en grupo. Con todo, las ideas sobre la antigüedad del lenguaje se han visto inesperada y considerablemente reforzadas gracias a los minuciosos estudios de fósiles endocraneales llevados a cabo por el antropólogo norteamericano Ralph L. Holloway, de la Universidad de Columbia, quien ha sacado moldes de caucho de los cráneos fosilizados y ha intentado deducir algunas conclusiones sobre la intrincada morfología del cerebro partiendo de la configuración de los mismos. Se trata de una especie de frenología, pero más interna que superficial y con una base mucho más sólida. Holloway está convencido de que en los moldes endocraneales puede detectarse la región del cerebro conocida como «área de Broca», uno de los diversos centros que regulan el habla. Asimismo, cree haber encontrado indicios de la existencia de esta región cerebral en un fósil de *H. habilis* que tiene más de dos millones de años de antigüedad. Cabe, pues, pensar que el lenguaje, las herramientas y la cultura surgieron aproximadamente en la misma época.

Señalemos de pasada que hubo criaturas antropomorfas que vivieron hace sólo unas pocas decenas de miles de años —el hombre de Neanderthal y el de Cro-Magnon— y que poseían por término medio volúmenes craneales de unos 1.500 cm<sup>3</sup> es decir, que excedían en más de cien centímetros cúbicos el volumen de nuestros cerebros. La mayoría de los antropólogos consideran que no descendemos de la especie de Neanderthal ni quizá tampoco del llamado hombre de Cro-Magnon. Sin embargo, la existencia de uno y otro suscita la cuestión de averiguar quiénes eran estos especímenes antropomorfos y cuáles sus aportaciones. El hombre de Cro-Magnon era un ser de considerable altura; algunos individuos rebasaban con mucho el metro ochenta. Hemos visto ya que una diferencia de 100 centímetros cúbicos en cuanto al volumen cerebral no parece revestir gran importancia, y hasta es posible que no fueran más inteligentes que nosotros o nuestros inmediatos antepasados. Quizá padecieran taras físicas que hoy por hoy desconocemos. El hombre de Neanderthal tenía una frente escasa, pero su cabeza era alargada en sentido longitudinal. En cambio, nosotros poseemos una cabeza menos dilatada pero más grande en sentido vertical, lo que nos sitúa sin discusión en la categoría de los seres dotados de una gran masa cerebral. ¿Acaso el desarrollo del cerebro que se aprecia en el hombre de



Neanderthal acaeció en los lóbulos parietales y occipitales, mientras que el desarrollo principal del cerebro de nuestros antepasados tuvo por marco los lóbulos frontales y temporales? ¿Cabe en lo posible que el hombre de Neanderthal desarrollase una mente muy distinta de la nuestra y que las superiores facultades lingüísticas y anticipatorias del hombre le llevara a eliminar totalmente a nuestros fornidos e inteligentes primos?

Por lo que sabemos, el ser intelectual aparece en la Tierra hace unos cuantos millones, o quizá docenas de millones de años. Pero este lapso no supone sino un porcentaje mínimo (unas décimas solamente) de la edad del planeta o, trasladándolo al calendario cósmico, al último día del mes de diciembre. ¿Por qué una aparición tan tardía? Parece evidente que alguna determinada propiedad del cerebro de los primates y cetáceos superiores no se originó hasta fecha muy moderna. Pero ¿de qué propiedad se trata? Se me ocurren por lo menos cuatro posibilidades, todas las cuales han sido ya mencionadas, sea explícita o implícitamente.

Una «reunión en la cumbre» durante el pleistoceno. De izquierda a derecha: *Homo habilis* (un tanto deteriorado), *Homo erectus*, hombre de Neanderthal, hombre de Cro-Magnon y *Homo sapiens*.

A saber: 1) la de que nunca antes se había dado un cerebro tan voluminoso; 2) la de que nunca se había dado una proporción tan alta entre masa cerebral y corpórea; 3) la de que nunca antes existió un cerebro con determinadas unidades funcionales (por ejemplo, lóbulos frontales y temporales muy pronunciados); y 4) la de que nunca hubo un cerebro con tantas conexiones neurales o sinapsis. (Parecen existir indicios de que durante el proceso de cerebración se produjo un incremento del número de conexiones de cada neurona con su vecina, así como en el número de micro-circuitos.) Las hipótesis 1, 2 y 4 indican que un cambio cuantitativo originó otro de orden cualitativo. Creo que de momento no es posible decantarse tajantemente por una de esas cuatro alternativas, y presiento que la verdad abarcará probablemente buena parte de las respectivas opciones.

Sir Arthur Keith, investigador británico que ha estudiado el proceso evolutivo del hombre, propuso lo que él denominó un «rubicón» en el proceso de cerebración. Según su teoría, a partir del volumen cerebral del *Homo erectus* —unos 750 cm<sup>3</sup> aproxima damente el cubicaje de una motocicleta potente— empiezan a emerger los rasgos exclusivos del ser humano. Claro que este rubicón bien pudo ser de orden cualitativo y no sólo cuantitativo. Quizá la diferencia no residiera tanto en los 200 centímetros cúbicos suplementarios como en determinado desarrollo de los lóbulos frontal, temporal y parietal que nos procuraron facultades de análisis y anticipación y sentimientos de ansiedad.

Aun cuando cabe discutir la exacta equivalencia del mentado rubicón, creemos que la noción de un límite de tal tipo no carece de valor. Pero si existe un rubicón próximo a los 750 centímetros cúbicos, al tiempo que las diferencias de 100 o de 200 centímetros cúbicos no parecen —por lo menos en el caso del hombre— factores determinantes del grado de inteligencia, ¿no será entonces posible atribuir a los monos cierta inteligencia reconocible como humana? El volumen del cerebro de un chimpancé es por término medio de 400 centímetros cúbicos, y el de un gorila de las tierras bajas de 500 centímetros cúbicos. Pues bien, esta es la escala de variación de volúmenes cerebrales entre los australopitecos gráciles, conocedores de las herramientas de mano.

El historiador judío Josefo añade a la lista de penalidades y tribulaciones inherentes a la expulsión del paraíso la pérdida de nuestra capacidad para comunicarnos con los animales. Los chimpancés poseen un cerebro voluminoso, una neocorteza bien desarrollada y conocen también una larga infancia y dilatados periodos de adaptación. ¿Son capaces de pensar en abstracto? Y si son criaturas inteligentes, ¿por qué no conocen el uso de la palabra?

## Las abstracciones de los brutos

Te pido a ti y a todos en general que me señaléis un rasgo genérico ... que permita diferenciar al hombre del simio. Ciertamente, yo no sé de ninguno y me gustaría que alguien me indicara lo contrario. Sin embargo, si hubiese llamado «mono» al hombre o a la inversa, todos los clérigos se me habrían echado encima. Tal vez, como naturalista que soy, tendría que haberlo hecho.

CARL LINNEO, fundador de la taxonomía, 1778

Las bestias no pueden formular abstracciones declaró John Locke, expresando con estas palabras el sentir generalizado del hombre en el transcurso de la historia escrita. Pero el obispo Berkeley replicó con sarcasmo: «Si lo que confiere a los brutos la condición de tales es el hecho de que no sean capaces de pensar en abstracto, me temo que muchos de los que pasan por hombres deberían sumarse a ellos». El pensamiento abstracto, por lo menos en sus manifestaciones más sutiles, no es un rasgo permanente del hombre medio en sus actividades cotidianas. ¿Y si el pensamiento abstracto no fuera tanto una cuestión de especie como de grado? ¿No pueden otros animales realizar abstracciones aunque no sea con la frecuencia y la agudeza del hombre?

Entre nosotros prevalece la idea de que los demás animales no son criaturas muy inteligentes. Sin embargo, cabe preguntarse si hemos analizado con rigor la posibilidad de que los animales posean un apreciable nivel intelectual. ¿No será que como en *El pequeño salvaje*, la punzante película de Francois Truffaut, tendemos a ver en la ausencia de nuestra forma de expresar la inteligencia la carencia de la misma? Refiriéndose al tema de la comunicación con otras especies animales, el filósofo francés Montaigne manifestó: «¿Por qué suponer que los impedimentos que dificultan esta comunicación son imputables sólo a ellos y no, también, a nosotros?».

Puede que las dificultades que tenemos para comprender o establecer comunicación con otros animales deriven de nuestra reticencia en asimilar otras formas menos familiares de relación con el medio. Por ejemplo, los delfines y los cetáceos, que detectan el entorno mediante un sistema muy perfeccionado de rastreo por eco semejante al sonar, también se comunican entre sí mediante una amplia y perfeccionada serie de chasquidos que hasta el momento no han podido ser interpretados. Una moderna y brillante teoría, a la sazón en fase de investigación, asegura que la comunicación entre dos delfines supone una recreación de las características de reflexión tipo sonar de los objetos descritos por el pez. Desde este ángulo, un delfín no alude al tiburón con una sola palabra, sino que transmite una serie de chasquidos que corresponden al espectro de reflexión auditivo que obtendría al proyectar en un tiburón las ondas acústicas según el modo de detección, semejante al sonar, propio del delfín. Según esta apreciación, la forma básica de comunicación entre dos delfines vendría a ser una especie de onomatopeya aural, un esbozo de imágenes en frecuencia audio, en el caso que nos ocupa esbozos o caricaturas del tiburón. No es difícil imaginar la amplitud de tal lenguaje trasladándolo de las ideas concretas a las abstractas, y mediante el uso de una especie de jeroglífico auditivo, en uno y otro caso análogos al surgimiento del lenguaje escrito en Egipto y Mesopotamia. En dicho supuesto, los delfines estarían en condiciones de crear extraordinarias imágenes audio nacidas de la imaginación más que de sus experiencias.

Existe, ciertamente, un largo anecdotario demostrativo de que los chimpancés son criaturas inteligentes. El primer estudio serio sobre el comportamiento de los simios —sin excluir el medio natural que les es propio— lo llevó a cabo en Indonesia Alfred Russel Wallace, descubridor, conjuntamente con Darwin, de la evolución a través de la selección natural. Estudiando los hábitos de conducta de una cría de orangután, Wallace llegó a la conclusión de que su comportamiento «era exactamente el mismo que el de un niño en circunstancias parecidas». En realidad, el término «orangután» corresponde en malayo a una frase que significa «hombre de la selva» y no «simio». Teuber se hace eco de numerosas anécdotas que le fueron contadas por sus padres, dos etólogos alemanes, adelantados de su especialidad, que a principios del segundo decenio del presente siglo fundaron y dirigieron en Tenerife, Islas Canarias, el primer centro experimental dedicado al estudio de la conducta de los chimpancés. Fue allí donde Wolfgang Kohler realizó sus famosas investigaciones con Sultán, un chimpancé «superdotado» capaz de unir las dos partes de un bastón o caña para poder hacerse con un plátano que de otro modo hubiera permanecido fuera de su alcance. También en el centro experimental de Tenerife se vio a dos chimpancés que se entretenían maltratando a un polluelo: uno de ellos mostraba al animalito un poco de comida y cuando se acercaba atraído por ella su compañero le sacudía con un alambre que ocultaba tras la espalda. El polluelo reculaba, pero en seguida reincidía, lo que le valía un nuevo azote. Este proceder constituye una clara combinación de un comportamiento que en ocasiones se juzga exclusivo del ser humano y que presupone cooperación, confabulación de cara a la comisión de ciertos actos, engaño y crueldad. También demuestra que los polluelos poseen escasa capacidad para aprender a prevenirse del riesgo.

Hasta hace unos pocos años, los intentos más concienzudos para establecer comunicación con los chimpancés discurrían poco más o menos del siguiente modo: al nacer la cría del chimpancé se la trasladaba a un hogar que tuviese un bebé y se los criaba juntos utilizando cunas, cochecitos, sillas altas, orinales, pañales y botes de talco iguales para uno y otro. Al término de los tres años, el joven chimpancé superaba con mucho al niño cuando se trataba de operar manualmente, trepar, dar brincos, correr y otras actividades motoras. Sin embargo, mientras que el niño se regodeaba balbuciendo una frase tras otra, el chimpancé sólo podía pronunciar, y aun con muchas dificultades, palabras como «mamá», «papá», etc. De aquí que muchos dieran por sentado que el chimpancé era un ser bastante inepto para expresarse, razonar y otras funciones mentales superiores: «La bestia es incapaz de formular abstracciones».

Sin embargo, hubo dos psicólogos de la Universidad de Nevada, Beatrice y Robert Gardner, que cavilando en torno

a los experimentos realizados observaron que la faringe y la laringe del chimpancé no están adaptados para emitir sonidos y articular palabras como en el caso del hombre. Curiosamente, éste utiliza un mismo órgano, la boca, para comer, respirar y comunicarse con otros individuos. En insectos como los grillos, que se llaman entre sí restregando una pata con otra y produciendo el clásico chirrido, estas tres funciones corresponden a tres órganos distintos. A lo que parece, el habla, en el hombre parece conformarse como un evento accidental.

Washoe (a la izquierda) expresa en lenguaje Ameslan la palabra «sombbrero» al serle mostrado un gorro de lana.

Washoe (izquierda) indica por señas, en lenguaje Ameslan, la palabra «dulce» a la vista de un chupón o caramelo de palo.

Por otra parte, el hecho de que el hombre utilice para expresarse oralmente órganos que cumplen otras misiones demuestra también que nuestras facultades de expresión oral se originaron en un pasado relativamente cercano. En opinión de los Gardner, era razonable suponer que los chimpancés poseyeran facultades lingüísticas notables que no habían podido traslucir debido a las limitaciones anatómicas. Ello les llevó a preguntarse si había un tipo de lenguaje simbólico que potenciase más los rasgos positivos que los negativos de la anatomía del chimpancé.

Dieron así con una brillante idea: enseñar a este animal el lenguaje por señas utilizado en Norteamérica, conocido como el Ameslan (acrónimo de *American sign language*), o, también, «lengua norteamericana para sordomudos» (*American deaf and dumb language*). Se trata de una forma de expresión que se adapta maravillosamente bien a la soltura manual del chimpancé y que permite representar gestualmente los principales rasgos conceptuales del idioma hablado.

A la sazón disponemos de un nutrido acopio escrito y filmado de conversaciones en Ameslan y otros lenguajes por señas con Washoe, Lucy, Lana y otros chimpancés estudiados por los Gardner y diversos investigadores. Algunos chimpancés poseen un repertorio de cien a doscientos términos y, además, son capaces de distinguir entre diversos modelos de sintaxis y reglas gramaticales. Y lo que es más significativo: se han mostrado singularmente ingeniosos en la construcción de vocablos y expresiones de nuevo cuño.

Así, cuando Washoe vio por vez primera a un pato en un estanque dijo mediante señas, «pájaro de agua», que corresponde al término utilizado en inglés y en otros idiomas, pero que el chimpancé improvisó para la ocasión. La hembra Lana no había visto otros frutos de forma esférica que las manzanas, pero como sabía indicar por señas el nombre de los colores principales, un día en que vio a uno de los cuidadores comer una naranja, señaló con los correspondientes ademanes: «manzana color naranja». Después de probar una raja de sandía, Lucy la llamó «bebida con azúcar» y «fruta líquida»; pero cuando sintió el escozor del primer rábano que cataba, dijo entonces que se trataba de «comida que duele y hace llorar». Cuando a Washoe le pusieron una muñequita en la taza que sostenía, dijo mediante señas: «niño en mi bebida». A este último chimpancé se le enseñó a representar la palabra «sucio» siempre que se hacía las necesidades encima o en un mueble, y el animal extrapoló el término aplicándolo de manera genérica a cualquier tipo de exceso. En presencia de un *Rhesus* (mono común) con el que no simpatizaba, repitió machaconamente: «mono asqueroso, mono asqueroso, mono asqueroso». A veces decía cosas como: «Sucio Jack, bebida con trampa». En un momento de tedio y de inspiración a la vez, Lana apostrofó a su cuidador llamándole «cagarruta verde». Los chimpancés han llegado a inventar hasta juramentos. Washoe parece tener incluso cierto sentido del humor. En una ocasión en que cabalgaba sobre las espaldas de su cuidador al tiempo que, tal vez inadvertidamente, se le orinaba encima, manifestó jubiloso: «Divertido, divertido».

En cuanto a Lucy, terminó por aprender a distinguir claramente el sentido de frases como «Roger hace cosquillas a Lucy» y «Lucy hace cosquillas a Roger», dos actividades que la deleitaban en extremo. Asimismo, Lana dedujo de la frase «Tim cuida de Lana» otra que decía «Lana cuida de Tim». Washoe fue sorprendido «leyendo» una revista: el chimpancé volvía las páginas despacio, se entretenía contemplando las ilustraciones y, en un momento dado, sin dirigirse a nadie en particular, realizaba las señas pertinentes, como la correspondiente a la palabra «gato» al toparse con la fotografía de un tigre, o «bebida» al fijar la vista en el anuncio de un vermouth. Habiendo aprendido a indicar por señas la palabra «abierto» con referencia a una puerta, Washoe extendió el concepto a una cartera de mano. También intentó conversar en Ameslan con el gato del laboratorio, que resultó ser el único analfabeto del lugar. Después de adquirir este sorprendente medio de comunicación, es posible que Washoe se sorprendiera de que el gato no fuese también experto en el empleo del Ameslan. Un día en que Jane, la madrastra de Lucy, salió del laboratorio, ésta la miró con fijeza y dijo por señas: «Llámame. Yo gritar».

Boyce Rensberger es un periodista muy dotado y sensible que trabaja en la plantilla del *New York Times*. Sus padres eran sordomudos, aunque él es perfectamente normal. Con todo, el primer idioma que conoció fue el Ameslan. Después de que el *Times* le enviara a Europa por espacio de algunos años, de vuelta a los Estados Unidos una de las primeras tareas que se le encomendaron en el plano interior fue la de investigar los experimentos de los Gardner con Washoe. Después de haber dedicado un poco de tiempo a trabar conocimiento con el chimpancé, Rensberger escribió un reportaje en el que, entre otras cosas, decía: «De repente me di cuenta de que estaba conversando con un individuo de otra especie en la lengua que había conocido cuando niño». Por supuesto, el empleo del término «lengua» es figurativo y está profundamente encastrado en la estructura del lenguaje (su otra acepción hace referencia al órgano físico propiamente dicho). Pero la verdad es que Rensberger conversaba con un miembro de otra especie en su «mano» (no lengua) nativa. Ha sido precisamente esta transición del órgano lengua al apéndice mano lo que ha permitido al hombre recobrar la facultad —que según Josefo perdió en el instante en que fue expulsado del paraíso— de comunicar con los animales.

Además del Ameslan, los chimpancés y otros primates que nada tienen que ver con el hombre, aprenden diversidad

de lenguajes gestuales. Por ejemplo, en el Centro Regional de Investigación de Primates de Yerkes, en Atlanta (Georgia), aprenden un lenguaje específico de computador llamado *Yerkish* (por los investigadores, no por los chimpancés). El computador registra todas las conversaciones de sus alumnos, incluso durante la noche, cuando no están presentes los cuidadores. Gracias a él sabemos que los chimpancés prefieren el jazz al rock y las películas de chimpancés a los filmes en que interviene el hombre. Al llegar el mes de enero de 1976, Lana había visionado una cinta titulada *The developmental anatomy of the chimpanzee* nada menos que 245 veces. No cabe duda de que vería con agrado una mayor variedad en el fondo de material fílmico en el archivo.

En la fotografía de la página siguiente vemos a Lana solicitando al computador mediante las correspondientes señas que se le suministre un plátano. También se muestra gráficamente la sintaxis necesaria para que el animal pueda obtener del computador agua, zumo de frutas, chocolate líquido, la audición de música, el visio-Hado de una película o la apertura de una ventana. (La máquina satisface muchas de las necesidades de Lana, pero no todas. De aquí que en ocasiones, en mitad de la noche, la hembra se lamenta con desconsuelo: «Máquina, por favor, hazle cosquillas a Lana.») Posteriormente se han planteado al chimpancé peticiones y comentarios más complicados, cada uno de los cuales requiere el empleo creativo de una determinada forma gramatical.

Lana en su computador. El simio debe tirar de la barra situada sobre su cabeza, adosada al mismo techo, para activar la consola. Cerca de la base del tablero de mando hay unos distribuidores automáticos de zumo de frutas, agua, plátanos y confites de chocolate.

Lana controla las frases que elabora frente al panel del computador y borra aquellas que contienen errores gramaticales. Una vez, mientras Lana se afanaba en la construcción de una frase compleja, su entrenador interpoló repetida e intencionadamente desde la consola del computador en que se hallaba, separada de la de Lana, una palabra que desposeía de todo sentido la frase del chimpancé. Lana fijó la mirada en su panel, miró de soslayo al cuidador sentado ante su consola y compuso otra frase que decía: «Tim, por favor, sal de la habitación». De la misma manera que Washoe y Lucy puede decirse que saben hablar, cabe afirmar que Lana sabe redactar.

En la etapa primeriza durante la cual Washoe aprendía a desarrollar sus facultades verbales, Jacob Bronowski y un colega suyo dieron a conocer un trabajo científico en el que se quitaba todo valor al lenguaje por señas y ademanes que utilizaba el citado chimpancé. Bronowski, que no tenía en su poder más que escasos datos, alegaba para ello que Washoe no interpellaba ni negaba las propuestas que se le hacían. Sin embargo, investigaciones posteriores demostraron que tanto Washoe como otros chimpancés eran perfectamente capaces de formular preguntas y de rebatir aseveraciones. Resulta difícil apreciar una diferencia cualitativa de consideración entre el uso del lenguaje gestual por parte de los chimpancés y el empleo del habla ordinaria por los niños de un modo que inequívocamente atribuimos a la inteligencia. Leyendo el trabajo de Bronowski tengo la ligera impresión de que hay en él un poco de chovinismo humano, una reminiscencia de la afirmación de Locke de que «las bestias no pueden formular abstracciones». En 1949, el antropólogo norteamericano Leslie White declaró categóricamente: «El comportamiento humano es un comportamiento simbólico; y el comportamiento simbólico es un comportamiento humano». ¿Qué hubiese pensado White de haber conocido los casos de Washoe, Lucy y Lana?

Estas observaciones acerca del lenguaje y el nivel de inteligencia de los chimpancés tienen una intrigante incidencia en los argumentos «rubicón» antes mencionados, a saber, la aserción de que la masa total del cerebro, o como mínimo la razón entre las masas cerebral y corporal, es un índice válido del nivel intelectual. En contra de esta tesis se había dicho que los niveles inferiores de la masa cerebral de los individuos microcefálicos concuerdan con el Umite superior de masa cerebral en los gorilas y chimpancés adultos, con la ventaja de que los primeros poseen, aunque muy mercedas, facultades de expresión oral, mientras que los simios carean de ellas. Sin embargo conviene tener presente que los individuos microcefálicos sólo pueden expresarse oralmente en contadísimos casos. Una de las mejores descripciones que se han hecho sobre este género de individuos fue la que escribió en 1893 el médico ruso S. Korsakov, que estudió el caso de una mujer llamada Masha con un cerebro de dichas características. Masha solamente podía comprender algunas preguntas y obedecer unas cuantas órdenes, y muy contadas veces era capaz de evocar episodios de su infancia. A veces hablaba por los codos, pero casi todo lo que decía eran incoherencias. Refiriéndose a su capacidad de expresión oral, Korsakov señaló que su habla se caracterizaba por «una extrema pobreza de asociaciones lógicas». Para dar una idea de la cortedad de su intelecto, mal adaptado y semejante al de un autómatas, Korsakov refirió los hábitos de Masha en relación a la ingestión de alimentos. Cuando se le ponía comida en la mesa, la mujer la tomaba, pero si le era retirada súbitamente, se comportaba como si hubiese concluido el ágape, daba las gracias a los encargados de servirla y se persignaba. Si volvían a depositar los alimentos en la mesa, comía de nuevo y, al parecer, el juego se prolongaba indefinidamente. Por mi parte estoy convencido de que Lucy o Washoe hubieran sido unos compañeros de mesa mucho más interesantes que Masha y que la comparación de un individuo microcefálico de la especie humana con un simio corriente no es incompatible con la existencia de un cierto rubicón o linde de la inteligencia. Ni que decir tiene que en cuanto a los tipos de inteligencia que podemos identificar sin dificultades, tanto la calidad como la cantidad de las conexiones neurales revisten una importancia probablemente capital.

James Dewson, de la Facultad de Medicina de la Universidad de Stanford, y sus colegas han llevado a cabo últimamente una serie de experimentos que fundamentan en el plano fisiológico la idea de que los centros del lenguaje en los simios se hallan localizados en el neocórtex, sobre todo, como sucede con el hombre, en el hemisferio izquierdo.

La figura muestra el esquema lógico de cierto número de peticiones que se formulan al computador. Es un método en el que se añan las maneras corteses con la

Los simios fueron instruidos para que pulsaran una luz verde cuando oían un zumbido y una luz roja si se trataba de una nota. A los pocos segundos de que se escuchase un sonido, la luz verde o la roja aparecían en algún punto imprevisible —distinto en cada ocasión— del panel de mando. El simio pulsaba la luz pertinente y si su respuesta era correcta se le recompensaba con una pelotilla alimenticia. Más tarde, se aumentó a veinte segundos el intervalo entre la audición del sonido y el encendido de la luz correspondiente. A la sazón, para obtener la recompensa era preciso que los monos recordasen por espacio de veinte segundos el ruido que había llegado a sus oídos. Acto seguido, el equipo del doctor Dewson extirpó quirúrgicamente parte de la llamada corteza de asociación auditiva del hemisferio izquierdo del neocórtex, en el lóbulo temporal, y sometidos de nuevo a experimentación, los simios apenas recordaban el sonido que ahora se les hacía oír. En efecto, en menos de un segundo olvidaban si se trataba de un zumbido o de una inflexión de la voz. En cambio, la extirpación de una parte equivalente del lóbulo temporal del hemisferio derecho no tenía incidencia alguna en la capacidad de rememoración a que estamos aludiendo. Al parecer, Dewson comentó: «Da la impresión de que esta porción extirpada del cerebro de los monos corresponde a los centros del habla en el hombre». Investigaciones similares llevadas a cabo con los *Rhesus*, pero utilizando estímulos visuales en vez de auditivos, parecen demostrar que no existen indicios de que haya diferencia entre los hemisferios del neocórtex. Debido a la creencia generalizada (al menos entre los guardianes de los zoológicos) de que los chimpancés adultos son demasiado peligrosos para residir en un hogar o medio similar tras alcanzar la pubertad, Washoe y otros chimpancés que habían llegado a un notable dominio del lenguaje fueron retirados de las casas en que se encontraban sin que ellos lo solicitaran. He aquí la razón de que no tengamos datos consistentes sobre las facultades de expresión de los monos y simios adultos. Una de las cuestiones más interesantes sería saber si una hembra de chimpancé dotada de aptitudes para la expresión verbal podría transmitir las a su descendencia. Parece muy probable que así sea, y que una comunidad de chimpancés inicialmente facultada en el terreno del lenguaje por señas esté en condiciones de transmitir el lenguaje gestual a otras generaciones.

En el supuesto de que esta comunicación sea esencial para la supervivencia de la especie, existen ya algunos indicios de que los simios transmiten información extragenética o cultural. Jane Goodall tuvo ocasión de comprobar que las crías de chimpancé nacidas en la selva emulan el comportamiento de sus madres y aprenden la tarea no exenta de complejidad de encontrar una ramita o brizna apropiada para hurgar en el interior de los nidos de termitas y procurarse un bocado que consideran de lo más apetitoso.

Se han observado diferencias en la conducta de grupo —que nos sentimos fuertemente tentados a llamar diferencias culturales— entre chimpancés, babuinos, macacos y muchos otros primates. Así, por ejemplo, puede ocurrir que un grupo de monos sepa cómo comer los huevos que depositan las aves, en tanto que un grupo o comunidad que habita en las proximidades desconoce la manera de hacerlo. Este género de primates tiene un repertorio de unas cuantas docenas de sonidos o gritos que facilitan la comunicación entre los miembros del grupo. Así, uno de ellos tiene a buen seguro el significado de: «Huid, que viene un depredador». Pero el timbre y tono de los sonidos puede variar de un grupo a otro; existen, por decirlo de algún modo, acentos regionales.

Pero el experimento más curioso fue el que por vía accidental llevaron a cabo un grupo de científicos japoneses especialistas en el estudio de los primates que trataban de solucionar el exceso demográfico y el problema del hambre en una comunidad de macacos de una isla situada al sur del Japón. Los antropólogos en cuestión arrojaron granos de trigo en una playa arenosa. Piense el lector en lo difícil que resulta separar uno por uno los granos de cereal de los granos de arena, hasta el punto de que la tentativa podría requerir un consumo de energía mayor de la que podría procurar comer el trigo así esparcido. Sin embargo, una talentosa macaco hembra llamada Imo, bien por casualidad bien por despecho, arrojó puñados de arena y trigo mezclados al mar. Ahora bien, la arena se hunde mientras que el cereal flota, circunstancia de la que Imo se apercibió plenamente. Con tan singular proceso de cribado logró dar satisfacción a su estómago aunque, eso sí, a base de comer trigo reblandecido por el agua. Los macacos de más edad siguieron hurgando por su cuenta, ignorando el hallazgo del macaco hembra, pero los especímenes más jóvenes parecieron comprender la gran importancia del descubrimiento y siguieron el ejemplo de Imo. A la siguiente generación, la práctica se hallaba ya más extendida, y en la actualidad, los macacos que pueblan la isla utilizan este método de cerner el cereal, constituyendo con ello un ejemplo de tradición cultural entre los monos.

Una serie de investigaciones realizadas tiempo antes en el Taka-sakiyama, una montaña del sector noreste de Kyushu habitada por macacos, arrojaron una muestra similar de progreso cultural. Los visitantes arrojaban a los monos caramelos envueltos en papel, costumbre muy extendida en los zoológicos japoneses, pero que los macacos del monte Takasakiyama desconocían. En el curso del pasatiempo, algunos monos jóvenes aprendieron a desenvolver los caramelos y a comerlos, costumbre que fue transmitida sucesivamente a sus compañeros de juego, a las madres, a los machos dominantes (que en las comunidades de macacos hacen las veces de «niñeras» de las crías) y, por último, a los monos jerárquica mente inferiores, que son los que socialmente se hallan más distantes de las crías. El proceso de culturalización requirió más de tres años, y es que en las comunidades naturales de primates, las formas de comunicación no verbal en uso son tan variadas que apenas existe incentivo para elaborar un lenguaje gestual más perfeccionado. Con todo, si el chimpancé necesitara de él para sobrevivir, no cabe duda alguna de que sería transmitido de generación en generación.

En el supuesto de que los chimpancés incapaces de comunicarse tuvieran que morir o no pudiesen reproducirse, estoy convencido de que asistiríamos a un progreso y a una elaboración notables, en lo que al lenguaje se refiere, en el lapso de sólo unas pocas generaciones. El inglés básico se compone de unos mil vocablos. Muchos chimpancés dominan un repertorio lexicográfico que pasa del 10 por 100 de esta cifra. Aun cuando hace unos cuantos años habría

parecido un tema de ciencia-ficción sin conexión alguna con sucesos reales, no considero improbable que a la vuelta de unas pocas generaciones de chimpancés en posesión de este acervo lingüístico se den a conocer las memorias de la historia natural y la vida mental de un chimpancé publicadas en inglés o en japonés, quizás con la mención «según el testimonio de» a renglón seguido del nombre del autor.

Si los chimpancés son criaturas que tienen conciencia de sus actos, capaces de realizar abstracciones, ¿por qué no poseen lo que hasta hoy se ha dado en llamar un estatuto de los «derechos humanos»? ¿Qué grado de inteligencia ha de alcanzar un chimpancé para que su muerte se catalogue jurídicamente como un asesinato? ¿Qué otros rasgos debe incorporar para que los misioneros religiosos le consideren apto para ser objeto de catequización?

No hace mucho, el director de un importante centro de investigación sobre primates me mostró las dependencias del recinto. Enfilamos un corredor larguísimo en el que, al modo de un dibujo en perspectiva, veíanse alineadas una tras otra, hasta donde alcanzaba la vista, múltiples jaulas de chimpancés. Había uno, dos, y hasta tres en cada compartimento, y no me cabe la menor duda de que las instalaciones eran modélicas atendiendo a lo que son estos centros, (o, en relación con el caso propuesto, los clásicos zoológicos). Nos acercábamos a la primera de la serie de jaulas cuando los dos simios que la ocupaban empezaron a enseñar los dientes y con una puntería increíble lanzaban grandes escupitajos que alcanzaron de lleno el liviano traje de verano que vestía el director del centro. A continuación prorrumpieron en chillidos entrecortados que resonaron hasta el otro extremo del pasillo y que fueron repetidos y amplificados por otros animales enjaulados que ni siquiera nos habían visto, hasta que el estrecho pasadizo trepidó literalmente con los gritos, golpeteo de barrotes y sacudidas de las jaulas. El director me dijo que en esas ocasiones los chimpancés suelen arrojar otras cosas además de escupitajos y a instancias suyas emprendimos inmediatamente la retirada.

El suceso me trajo en seguida a la memoria las películas norteamericanas de los años treinta y cuarenta cuya acción discurría en una vasta y deshumanizada penitenciaría estatal o federal, donde los reclusos golpeaban los barrotes de las celdas con las marmitas cuando aparecía el guardián que desempeñaba el papel de sujeto sin entrañas. Los chimpancés en cuestión gozaban de excelente salud y estaban bien alimentados. Si son «solamente» animales, bestias incapaces de razonar en abstracto, entonces puede que mi comparación no sea más que un acceso de simpleza y sentimentalismo vacío. Pero lo cierto es que los chimpancés *pueden* abstraer y, al igual que otros mamíferos, son capaces de experimentar emociones intensas. Es indiscutible que no han cometido delito alguno. No presumo de tener la respuesta, pero estimo sinceramente que vale la pena plantear la cuestión y preguntar por qué en prácticamente todas las ciudades importantes del mundo se mete a los simios entre rejas.

A la luz de nuestros actuales conocimientos, el apareamiento eventual de un hombre con un chimpancé es perfectamente plausible.

Hasta hace muy poco se consideraba que una sola célula somática ordinaria del hombre contenía cuarenta y ocho cromosomas. Ahora sabemos que el número exacto es cuarenta y seis. En cuanto a los chimpancés, parece que tienen, efectivamente, cuarenta y ocho cromosomas, en cuyo caso sería inviable o raro por todos los conceptos el cruce de un hombre con un chimpancé.

Sin duda el hecho se habrá dado poquísimas veces, por lo menos modernamente. Uno no puede por menos que preguntarse cuál sería el estatuto legal de la prole fruto de una unión de este género. En mi opinión, las facultades cognitivas de los chimpancés nos obligan a interrogarnos sobre los verdaderos límites de la comunidad de seres a quienes debemos especiales consideraciones éticas. Espero, además, que su estudio puede contribuir a ensanchar nuestras perspectivas éticas y hacernos tomar en consideración, por vía descendente, a los grupos taxonómicos que pueblan la Tierra, y en línea ascendente, a los organismos extraterrestres, en el supuesto de que existan.

Resulta difícil calibrar el impacto emocional que supone para un chimpancé el aprendizaje de una lengua. Tal vez la mejor manera de averiguarlo sea analizar la reacción de un ser humano inteligente afectado por graves carencias sensoriales que experimentó en propia carne el hallazgo del lenguaje. Aun cuando Helen Keller, invidente y sordomuda, poseía una percepción, inteligencia y sensibilidad muy superiores a los de cualquier chimpancé, su testimonio conlleva en parte el tono emocional que este notable desarrollo en los modos de expresión de los primates puede producir en el chimpancé, sobre todo en un medio en que la posibilidad de comunicarse determina o refuerza considerablemente la supervivencia.

Un día, la instructora de la señorita Keller se dispuso a salir de paseo con su pupila. He aquí el relato de la paciente:

... me trajo el sombrero, y por ello supe que iba a salir a la cálida luz del sol. Este pensamiento, si es que una sensación muda puede llamarse así, me hizo saltar de alegría.

Bajamos caminando por el sendero que conducía a la caseta del pozo de la casa, atraídas por la fragancia de la madreSelva que la cubría. Alguien estaba bombeando agua, y mi instructora me colocó la mano bajo el chorro. Mientras el fresco líquido se derramaba por mi mano, ella me tomó la otra y delectó allí la palabra *agua*, primero lentamente y después con viveza. Permanecí inmóvil, con centrando la mente en el movimiento de sus dedos. De repente me asaltó como una vaga conciencia de algo olvidado..., la excitación de un pensamiento recobrado, y sin saber muy bien cómo me fue revelado el misterio del lenguaje. Supe entonces que A-G-U-A correspondía al maravilloso frescor que yo sentía resbalar por mi mano. Aquella palabra viva despertó mi alma, le infundió esperanza, la llenó de luz y de alborozo, ¡la liberó! Cierto es que todavía quedaban obstáculos que salvar, pero eran obstáculos que andando el tiempo podía vencer sin dificultad.

Me alejé del pozo con un deseo enorme de aprender. Ahora todo tenía un nombre, y cada nombre alumbraba

otra idea. De regreso a la casa todos los objetos que palpaba parecían estremecerse llenos de vida. La causa de ello estaba en que ahora lo veía todo con la extraña y súbita visión que me había poseído.

Tal vez el aspecto más sobresaliente de estos tres hermosísimos párrafos sea la sensación que invadió a Helen Keller de que su mente tenía una aptitud latente para asimilar el lenguaje y que lo único que necesitaba era que se le enseñase el camino para acceder a él. Esta idea esencialmente platónica es compatible, como ya hemos visto, con los conocimientos que nos han deparado las lesiones del cerebro acerca de la fisiología del neocórtex, y también con las conclusiones teóricas deducidas por Noam Chomsky, del Instituto Tecnológico de Massachusetts, de la lingüística comparada y de los experimentos de laboratorio sobre procesos de aprendizaje. En el lapso de estos últimos años, se ha puesto de relieve que también el cerebro de los primates está preparado aunque probablemente no en el mismo grado, para este acceso a la expresión de las ideas mediante el lenguaje.

Resulta muy difícil sobrestimar los efectos que puede tener a la larga la enseñanza del lenguaje a los restantes primates. En el *Origen del hombre*, de Charles Darwin, hallamos un pasaje interesantísimo que dice textualmente: «La diferencia entre el intelecto humano y el de los animales superiores, con ser grande, es básicamente de grado y no de especie ... Si pudiera demostrarse que determinadas funciones mentales de orden superior, como la formación de conceptos generales, la capacidad introspectiva, etcétera, son exclusivas del hombre, cosa que me parece muy dudosa, no es improbable que tales facultades se nos mostraran como simple resultado accesorio de otras cualidades intelectuales superiores que, a su vez, son en buena medida consecuencia del uso continuado de una lengua perfecta».

En el relato del Génesis sobre la Torre de Babel hallamos, también, un insólito reconocimiento de los extraordinarios poderes del lenguaje y de la intercomunicación entre los hombres. Recordemos que Dios, en lo que se nos antoja una extraña actitud de defensa inconcebible en un ser omnipotente, está preocupado ante la perspectiva de que los hombres erijan una torre que llegue hasta el cielo. (Desazón similar a la que expresa después de que Adán haya comido la manzana del árbol prohibido.) Para impedir —en sentido metafórico— que el hombre llegue al cielo, Dios no opta por destruir la torre, como hiciera, pongamos por caso, con la ciudad de Sodoma, sino que dice: «¡Mirad! Forman una sola comunidad puesto que usan una misma lengua; y esto es sólo el principio de lo que pretenden hacer. Nada les impedirá llevar a cabo cuanto se propongan. Venid, descendamos pues y confundamos su lengua, de modo que no se entiendan unos a otros» (Génesis: 11,6-7).

El uso continuado de una lengua «perfecta»... ¿Qué forma de cultura, qué clase de tradición oral podrían establecer los chimpancés tras centenares o millares de años de uso común! de un complejo lenguaje gestual? Y en el supuesto de que existiese esta comunidad aislada e ininterrumpida de chimpancés, ¿cómo interpretarían el origen del lenguaje? ¿Acaso los Gardner y los investigadores del Centro de Primates de Yerkes serían oscuramente recordados como legendarios héroes populares o dioses de otra especie? ¿Existirían mitos, como los de Prometeo, Thot u Oannes, sobre unas criaturas divinas que otorgaron a los simios el don de la lengua? A decir verdad, la instrucción de los chimpancés en el plano del lenguaje gestual posee claramente las mismas connotaciones emotivas y sentido religioso que la secuencia (totalmente ficticia) de la película y de la novela *2001, una Odisea del espacio*, en la que el representante de una avanzada civilización extraterrestre instruye en cierta manera a nuestros antecesores homínidos.

Pero quizá el aspecto más singular de la cuestión sea el hecho de que, aparte del hombre, haya primates tan próximos al entorno del lenguaje, tan afanosos por aprender, tan asombrosamente facultados en lo que toca a su empleo y tan imaginativos una vez han aprendido a expresarse. Sin embargo, esta apreciación suscita una interesante pregunta: ¿Por qué están en el entorno, en la periferia del lenguaje? ¿Por qué no encontramos primates, dejando de lado al hombre, que estén ya en posesión de un perfeccionado lenguaje gestual? En mi opinión, una posible respuesta sería la de que el hombre ha exterminado de manera sistemática a los demás primates que mostraban signos de inteligencia. (Hipótesis especialmente aplicable al caso de los primates que habitaban en el llano porque es de suponer que la selva ofrecería a gorilas y chimpancés relativa protección contra las depredaciones del hombre.) Es posible que hayamos actuado como instrumento de la selección natural suprimiendo toda competencia en el plano intelectual y que hayamos hecho retroceder los límites de la inteligencia y las facultades lingüísticas entre los primates distintos del hombre hasta el punto de que parezcan inexistentes. En consecuencia, enseñar a los chimpancés a expresarse por gestos equivale a intentar poner tardío remedio a los atropellos cometidos por nuestra especie.

## Relatos del oscuro paraíso

Viejísimos somos los hombres, nuestros sueños son relatos narrados en un Edén de mortecina luz.

WALTER DE LA MARE, «All That's Past»

—¡Vaya! —exclamó, al tiempo que avanzaba buscando la sombra de los árboles—. A fin de cuentas es un gran alivio con tanto calor como hace poder refugiarse en el..., en el... ¿En *quel* —prosiguió, un tanto aturrida al no venirle a la mente la palabra justa—. Quiero decir eso de poder refugiarse bajo el... bajo el, ¡bajo *esto*, córcholis! —y puso la mano sobre el tronco de un árbol—. Me gustaría saber cómo *se llama*. Pero, vamos a ver, ¿quién soy yo? *Tengo* que acordarme, ¡pues no faltaría más! ¡Estoy resuelta a que así sea! —Pero estar decidida no le sirvió de gran cosa y después de mucho darle vueltas sólo acertó a decir: —¡Una ele, *se* que empieza por ele!

LEWIS CARROLL,  
*Alicia a través del  
espejo*

No te interpongas entre el dragón y su furia.

W. SHAKESPEARE, *El rey Lear*

... Primeramente, siendo irracionales como las bestias, di a los hombres juicio, les proveí de una mente ...  
En un principio, teniendo ojos, veían defectuosamente y pudiendo oír, no prestaban oído, sino que se agolpaban como fantasmas en sueños, al indeciso relato de su pasado confuso.

ESQUILO, *Prometeo encadenado*

**P**rometeo está poseído de justa indignación. Después de haber llevado la civilización a una humanidad confusa y llena de supersticiones, Zeus le castiga encadenándole a una roca y haciendo que un águila le coma las entrañas. En el pasaje que sigue a la cita que encabeza esta página, Prometeo menciona las principales cosas que, a parte del fuego, ha enseñado al hombre. Son, por ese orden, la astronomía; las matemáticas; la escritura; la domesticación de animales; la invención de los carros, la navegación y la medicina, así como las artes adivinatorias mediante la interpretación de los sueños y otros métodos. Esta última enseñanza suena un tanto extraña a los oídos del hombre moderno. Junto con el relato del Génesis sobre la expulsión del paraíso, *Prometeo encadenado* parece erigirse en una de las obras capitales de la literatura de Occidente que contiene una alegoría plausible acerca de la evolución del hombre, si bien en lo que a este aspecto se refiere, se concentra más en el inspirador de la evolución que en el ser evolucionado. En griego Prometeo significa «previsión», cualidad que algunos piensan se halla localizada en los lóbulos frontales del neocórtex. Tanto la presciencia como la ansiedad están presentes en el retrato del personaje de Esquilo.

¿Qué conexión existe entre los sueños y la evolución del hombre? Esquilo quizá está diciendo que nuestros antepasados prehumanos vivían durante el día en un estado similar al de nuestro sueño nocturno y que una de las ventajas principales que comporta la expansión del intelecto humano es la facultad que nos confiere de interpretar la verdadera naturaleza e importancia de los sueños.

A lo que parece el ser humano conoce tres estados mentales de importancia: el estado de vigilia, de descanso y de ensoñación.

Durante cada uno de estos tres estados, el electroencefalógrafo, aparato que detecta las ondas cerebrales, registra cuadros de actividad eléctrica muy diferentes. Las ondas cerebrales representan pequeñísimas corrientes y voltajes producidos por el sistema de circuitos eléctricos del cerebro. La potencia media de las señales que emiten las ondas cerebrales se mide en microvoltios. Las frecuencias normales oscilan entre 1 y alrededor de 20 hertzios (o ciclos por segundo), es decir, son inferiores a la frecuencia normal de 60 ciclos por segundo que poseen las corrientes alternas de las tomas de enchufe en Norteamérica.



El electroencefalógrafo se debe a la inventiva del psicólogo alemán Hans Berger, quien al parecer trabajó en ello movido por su interés hacia los fenómenos telepáticos. El cerebro del ser humano emite determinadas ondas —por ejemplo, el ritmo alfa— que genera o suprime a voluntad, aunque para ello precisa un poco de entrenamiento. Una vez adiestrado, un sujeto conectado a un electroencefalógrafo y a un transmisor de radio podría, en principio, enviar mensajes bastante complejos en una especie de código Morse de las ondas alfa. Le bastaría simplemente con evocarlos mentalmente en debida forma. Podría ser que dicho método de transmisión tuviera aplicaciones prácticas, como, por ejemplo, la de permitir comunicarse con un paciente inmovilizado por una grave apoplejía. Por razones de tipo histórico, el sueño carente de ensoñaciones se caracteriza, desde el punto de vista del electro, como «sueño de onda lenta», y el estado de ensoñación como «sueño paradjico».

Pero veamos qué beneficios se derivan del sueño. Es indudable que si permanecemos en pie, despiertos, más tiempo de la cuenta, el cuerpo genera sustancias neuroquímicas que nos fuerzan al descanso. Los animales a los que no se permite dormir generan estas moléculas en su fluido cerebroespinal, fluido que al ser inyectado en otros animales completamente despiertos provoca somnolencia de inmediato. Así pues, forzosamente tiene que haber una poderosísima razón que justifique el sueño.

La respuesta convencional tanto de la fisiología como de la curandería, es que el sueño tiene un efecto reparador y que es una oportunidad que se concede al organismo para hacer limpieza física y mental sin los agobios de la vida cotidiana. Sin embargo, aparte de la aparente credibilidad que dimana del sentido común, las pruebas a favor de esta teoría son escasas. Además, hay en este aserto algunos aspectos contradictorios. Por ejemplo, mientras duerme, un animal es excepcionalmente vulnerable. Aceptemos que son muchos los animales que descansan en nidos, cuevas, oquedades en los troncos de árboles o cualesquiera otros recónditos y encubiertos escondrijos, pero aun así siguen estando en gran medida impotentes mientras duermen. Es evidéntísimo que por la noche somos muy vulnerables. Los griegos reconocieron a Morfeo y a Tanatos, dioses del sueño y de la muerte, como hermanos.

A menos que exista una manifiesta necesidad biológica del sueño, la selección natural habría cuidado de que aparecieran especies animales no necesitadas del reposo nocturno. En tanto que algunos animales como el perezoso de dos pies, el armadillo, la zarigüeya y el murciélago duermen diecinueve y veinte horas diarias, por lo menos en los periodos estacionales de torpor e hibernación, otros, como la musaraña común y la marsopa, duermen muy poco. También hay seres humanos que necesitan no más de tres o cuatro horas diarias de sueño. Trabajan en dos y tres empleos, por la noche se pasean o entretienen en fruslerías mientras la esposa duerme rendida de cansancio, y fuera de eso llevan una vida normal, activa y constructiva. Los antecedentes familiares indican que se trata de rasgos o disposiciones hereditarios. Sé de un caso en que el padre de familia y su hijita experimentaban el beneficio o contratiempo, según se mire, de la ausencia de sueño, con gran irritación por parte de la esposa, que ha terminado por divorciarse alegando lo que sin duda constituye una original incompatibilidad. A él le fue encomendada la custodia de la niña. Los ejemplos de este género vienen a demostrar que la hipótesis de la función regeneradora del sueño no es, en el mejor de los casos, suficientemente explicativa.

Y, sin embargo, el descanso a través del sueño se remonta a un pasado lejano. Contemplándolo desde el prisma electroencefalográfico, es patrimonio de todos los primates y de casi todos los demás mamíferos y aves; hasta puede que afecte a los reptiles. En determinados individuos, la estimulación eléctrica espontánea de la amígdala con frecuencia de pocos ciclos por segundo (equivalentes a un reducido número de hertzios) puede provocar epilepsia del lóbulo temporal y un estado de comportamiento automático inconsciente. Se han divulgado casos de ataques, no muy distintos del sueño, mientras un individuo epiléptico conducía su automóvil de madrugada o a la hora crepuscular y entre el conductor y el sol se interponía una cerca o vallado de estacas puntiagudas.

Gráficas características del electroencefalograma de un individuo normal en esta do de vigilia, dormido y soñando.

En efecto, a determinada velocidad, las estacas interceptan los rayos solares justo en la proporción crítica generadora de una oscilación luminosa en frecuencia resonante que desencadena dichos accesos. Se sabe positivamente que el ritmo circadiano —modificaciones rítmicas en las funciones fisiológicas que se producen con una periodicidad de veinticuatro horas— afecta incluso a especies tan insignificantes como los moluscos. Dado que, como veremos, mediante estimulación eléctrica de otras regiones límbicas en la base del lóbulo temporal, es posible inducir un estado que en algunos aspectos se asemeja al de ensoñación, parece obligado deducir que los centros que regulan el descanso nocturno y los sueños no pueden hallarse en puntos muy distantes de los recovecos cerebrales.

Últimamente se han obtenido indicios de que las dos clases de reposo nocturno, o sea, con sueños o sin ellos, dependen de la forma de vida propia de cada especie. Truett Allison y Domenic Cicchetti, de la Universidad de Yale, han señalado que desde un punto de vista estadístico es mucho más probable que sueñen los depredadores que no sus víctimas, las cuales tienen, a la inversa, muchas más probabilidades de dormir sin experimentar sueño alguno. Estos estudios se centran exclusivamente en los mamíferos y sólo son válidos cuando se trata de poner de manifiesto las diferencias entre especies, no entre individuos de una misma especie. El animal que duerme y sueña está poderosamente inmovilizado y, detalle significativo, no responde a los estímulos externos. El reposo sin sueños es mucho menos profundo; todos hemos podido comprobar cómo los gatos y perros enderezan las orejas y aguzan el oído al captar un ruido, cuando en apariencia están profundamente dormidos. Otra convicción generalizada es la de que si un perro dormido contrae las patas como si estuviera corriendo, está soñando en una cacería. El hecho de que hoy en día

las presas no lleguen a dormir con sueño profundo parece atribuible a la selección natural. Sin embargo, nada impide que organismos hoy constreñidos en buena parte a jugar el papel de presa tuvieran antepasados depredadores, y a la inversa. Además, por regla general los depredadores presentan una mayor masa cerebral, en términos absolutos, y una mayor razón de proporcionalidad entre dicha masa y su peso corporal que la que ofrecen sus presas. Habida cuenta de las incidencias evolutivas que ha experimentado el sueño, actualmente aceptamos sin vacilaciones la idea de que los animales inferiores duermen menos profundamente y están por ello más libres de movimientos que los de orden superior. Pero ¿por qué este sueño tan profundo? ¿Qué motivó la aparición de ese estado de profunda inmovilización?

Tal vez un indicio revelador de la función que primitivamente desempeñaba el sueño radica en el hecho de que los delfines y las ballenas, así como los mamíferos acuáticos en general, parece que duermen muy poco. Generalizando, cabe decir que en el océano no hay lugar donde esconderse. En tal caso, ¿no podría ser que el sueño, en vez de aumentar la vulnerabilidad del animal, la redujese? Wilse Webb, de la Universidad de Florida, y Ray Meddis, de la Universidad de Londres, así lo han afirmado. Las pautas que exhibe cada especie animal en lo que al sueño se refiere se acoplan maravillosamente al medio ecológico en el que se desenvuelve su vida. Así pues, resulta concebible que los animales demasiado obtusos para permanecer quietos por propia iniciativa se vean inmovilizados por el sueño durante los periodos en que les acechan graves riesgos. Esta consideración nos parece especialmente aplicable a las crías de los depredadores. Así, los cachorros de tigre, además de tener una coloración que los protege con suma eficacia, duermen también muchísimo.

Un nido con huevos de *Protoceratops*, del periodo cretáceo, hallado en la República Popular de Mongolia.

La idea ofrece interés y seguramente hay en ella parte de verdad, si bien no lo explica todo. ¿Qué necesidad tienen los leones de dormir si apenas cuentan con enemigos naturales? La pregunta no encierra una objeción demoleadora, pues quizá los leones evolucionaran a partir de otras especies que no tenían el mismo papel dominante que hoy les corresponde. Asimismo, los gorilas adolescentes, que tampoco tienen gran cosa que temer, se construyen todas las noches un cobijo en los árboles, tal vez porque sus antecesores eran más vulnerables. También entra en lo posible que los ascendientes de leones y gorilas temieran las acechanzas de depredadores más feroces que ellos mismos.

La hipótesis de la inmovilización parece singularmente válida cuando se toma en cuenta la evolución de los mamíferos, que aparecieron en un periodo en el que prevalecían sibilantes, descomunales y terroríficos reptiles. Sin embargo, casi todos los reptiles son animales de sangre fría y, salvo en los trópicos, al caer la noche se ven constreñidos a una absoluta inmovilidad.

Robert Bakker, paleontólogo de la Universidad de Harvard, sugiere que por lo menos algunos dinosaurios eran notoriamente animales de sangre caliente. Aun así, es muy probable que no fueran tan insensibles como los mamíferos al cambio de la temperatura diurna y que por la noche redujeran sustancialmente el ritmo de actividad.

En cambio, los mamíferos, por ser de sangre caliente, se desenvuelven bien en la oscuridad nocturna. Es muy posible que durante el periodo triásico, hará cosa de doscientos millones de años, las oscuras zonas ecológicas no tropicales estuviesen prácticamente desocupadas. Harry Jerison ha manifestado que con la aparición de los mamíferos, el oído y el olfato —sentidos que permiten adivinar distancias y objetos durante la noche— se potenciaron hasta extremos que entonces parecían inauditos y que hoy se nos antojan normales. Por otra parte, Jerison considera que el sistema límbico fue fruto de la necesidad de procesar el rico acopio de datos suministrado por estos sentidos notablemente perfeccionados. (Buena parte del tratamiento de la información visual de los reptiles opera en la retina, no en el cerebro; el mecanismo de procesamiento óptico del neocórtex fue en gran parte un fenómeno evolutivo posterior.)

Es posible que los primeros mamíferos tuvieran vital necesidad de permanecer aletargados y ocultos durante el día, mientras los reptiles depredadores campaban a su antojo. Con ello trato de evocar una escena de la última etapa del mesozoico en el que los mamíferos dormían a intervalos durante el día y los reptiles hacían lo propio durante la noche, momento en que hasta los más inermes protomamíferos carnívoros podían suponer una amenaza real para los adormilados reptiles de sangre fría, y muy en especial para sus nidadas.

A juzgar por el volumen endocraneal (véase la figura de la página 44), los dinosaurios eran, comparados con los mamíferos, singularmente lerdos. Para tomar algunos ejemplos «bien conocidos» digamos que el *Tyrannosaurus rex* poseía un volumen cerebral de unos 200 cm<sup>3</sup>; el *Brachiosaurus*, 150 cm<sup>3</sup>; el *Triceratops*, 70 cm<sup>3</sup>; el *Diplodocus*, 50 cm<sup>3</sup>, y el *Stegosaurus*, 30 cm<sup>3</sup>. Ninguno de ellos se aproximaba a la masa cerebral absoluta del chimpancé. El *Stegosaurus* que pesaba dos toneladas, era probablemente mucho más obtuso que un conejo. Cuando uno piensa en el formidable peso de los dinosaurios, aún sorprende más la pequeñez de su cerebro. El *Tyrannosaurus* pesaba 8 toneladas; el *Diplodocus*, 12, y el *Brachiosaurus* 87. En este último, la proporción masa cerebral/peso del cuerpo era diez mil veces más pequeña que la del hombre. De la misma forma que los tiburones son los peces dotados de un cerebro más grande en relación con el peso del cuerpo, los dinosaurios carnívoros como el *Tyrannosaurus* tenían un cerebro proporcionalmente más grande que otros de tipo herbívoro, como el *Diplodocus* y el *Brachiosaurus*. No me cabe duda de que el *Tyrannosaurus* era una eficiente y terrorífica máquina de matar. Sin embargo, y a pesar de su pavorosa apariencia, los dinosaurios se nos antojan vulnerables ante adversarios pertinaces e inteligentes como los

primeros mamíferos.

Crías de *Protoceratops* saliendo del cascarón (reconstrucción).

La escena mesozoica que antes nos representábamos tiene curiosas resonancias de vampirismo: durante el día eran los reptiles carnívoros los que cazaban a los inteligentes y alertargados mamíferos, mientras que por la noche eran los mamíferos carnívoros los que hacían presa en los torpes y obtusos reptiles. Si bien éstos enterraban los huevos que depositaban sus hembras, no es probable que asumieran la defensa activa de las nidadas ni de las crías. Existen pocos ejemplos de este comportamiento, incluso entre los reptiles de nuestros días, por lo que resulta difícil imaginarse a un *Tyrannosaurus rex* incubando sus huevos.

Dibujo de un *Saurornithoides*, pequeño e inteligente dinosaurio, en el momento de atrapar a un mamífero. Se han encontrado vestigios de estos animales en Canadá y en la República Popular de Mongolia pertenecientes al periodo cretáceo.

Todo ello nos induce a suponer que los mamíferos ganaron la vital contienda de los vampiros; al menos algunos paleontólogos creen que la extinción de los dinosaurios se aceleró debido a las predaciones nocturnas de los primeros mamíferos en las que engullían los huevos de los reptiles. Dos huevos de gallina para desayunar puede ser todo lo que resta —al menos en apariencia— de esta remotísima cocina de los mamíferos.

De hecho, puede afirmarse casi con certeza que las aves son los principales descendientes vivos de los dinosaurios.

Atendiendo al criterio de la proporción entre masa cerebral y masa corpórea, los más inteligentes de los dinosaurios son los *Saurornithoides*, que por regla general poseen una masa cerebral de unos 50 gramos frente a los aproximadamente 50 kilogramos de peso corporal, proporción que los sitúa próximos al avestruz en el diagrama de la página 46. Ciertamente guardan un parecido con esta ave corredora. Sería muy revelador examinar los moldes endocraneales de sus fósiles. Probablemente se alimentaban de pequeños animales y utilizaban los cuatro dedos de sus apéndices, parecidos a las manos, para múltiples tareas. (Véase la ilustración de la página anterior.)

Resulta interesante especular sobre estos animales. En el supuesto de que los dinosaurios no se hubiesen extinguido misteriosamente hace alrededor de sesenta y cinco millones de años, ¿habría el *Saurornithoides* continuado su progreso hacia formas cada vez más inteligentes? ¿Habría aprendido a cazar en grupo a los grandes mamíferos impidiendo con ello la gran proliferación de esta clase animal que siguió al término de la era mesozoica? De no haber sido por la extinción de los dinosaurios, ¿serían las formas hoy dominantes en la Tierra descendientes de los *Saurornithoides*, autores y lectores de libros, entregados a reflexiones acerca del rumbo que habrían tomado las cosas si los mamíferos hubiesen ganado la batalla? ¿Pensarían las formas dominantes que la base aritmética 8 era lo normal y que la base 10 era un ringorrango exclusivo de la «nueva matemática»?

Una porción considerable de lo que consideramos sucesos importantes acaecidos durante las últimas decenas de millones de años de la historia de la Tierra parece estar supeditado a la extinción de los dinosaurios. Puede decirse que se han avanzado docenas de hipótesis científicas para explicar este hecho, que parece haberse producido con inusitada rapidez y eficacia, tanto en lo que respecta a las formas terrestres como a las acuáticas. Las explicaciones propuestas sólo parecen parcialmente satisfactorias, y van desde los cambios climáticos brutales hasta la extinción de una planta que por lo visto tenía propiedades laxantes, en cuyo caso los dinosaurios murieron víctimas de estreñimiento.

Una de las más interesantes y fundamentadas hipótesis, formulada por vez primera por I. S. Shklovskii, del Instituto de Investigación Cósmica de la Academia de Ciencias de Moscú, es la de que los dinosaurios murieron a causa de la explosión de una supernova próxima. El estallido de esta estrella moribunda, situada a unas decenas de años luz, ocasionaría un inmenso flujo de partículas cargadas con alta energía que penetró en nuestra atmósfera, alteró sus propiedades y tal vez destruyó la capa de ozono atmosférico, permitiendo la filtración de cantidades mortíferas de rayos ultravioleta. Es posible que los animales noctámbulos, como los mamíferos de aquella época, o los animales que vivían en el fondo de las aguas, como los peces, sobrevivieran a esta fantástica radiación de ultravioletas de gran potencial energético. Pero los animales que merodeaban a la luz del día y que vivían en la tierra o en la superficie de las aguas, sufrirían más que ningún otro las consecuencias de la dañina filtración. Esta catástrofe recibiría una denominación apropiada: el término en sí pasaría a significar «mala estrella».

Suponiendo que esta concatenación de hechos sea exacta, el flujo principal de la evolución biológica en el planeta Tierra durante los últimos sesenta y cinco millones de años, y, ni que decir tiene, la existencia misma del ser humano, es resultado de la extinción de un distante sol. Tal vez otros planetas giraban en su órbita y quizás uno de ellos conoció una rica eclosión de formas biológicas evolucionadas penosamente a lo largo de miles de millones de años. No cabe duda de que la explosión de la supernova hubiese extinguido todo vestigio de vida en este planeta y hasta, probablemente, diluido su atmósfera en el espacio. ¿Debemos nuestra existencia a una sobrecogedora catástrofe estelar que por otra parte, destruyó mundos y biosferas?

Reconstrucción de un paisaje del cretáceo en una región pantanosa del sector occidental de Canadá. La mayor parte de los dinosaurios representados en la ilustración son bípedos y herbívoros. Por lo que sabemos, todas estas formas se extinguieron al cabo de poco tiempo.

Después de la extinción de los dinosaurios, los mamíferos se desplazaron a zonas ecológicas con predominio de la luz diurna. Seguramente, el miedo que el primate tiene a la oscuridad es un hecho relativamente moderno. Washburn sostiene que las crías de los babuinos y otros primates jóvenes sólo albergan tres temores congénitos: el miedo a las caídas, a las serpientes y a la oscuridad, que corresponden respectivamente a los peligros, que suponían para los moradores de los árboles la gravitación newtoniana, los reptiles, adversarios perpetuos del hombre y, en fin, los mamíferos depredadores nocturnos, que debieron infundir considerable terror a los primates, guiados básicamente por el sentido de la vista. Si la hipótesis vampírica es cierta —y las probabilidades de que lo sea son muchas— la función del sueño está profundamente impresa en el cerebro de los mamíferos. Desde la época en que apareció esta clase de animales, el sueño fue un factor decisivo de cara a la supervivencia. Teniendo en cuenta que para los primeros mamíferos las noches insomnes hubieran entrañado más peligro para la supervivencia de sus grupos taxonómicos que las noches sin relación sexual, es indudable que el sueño constituyó un impulso más fuerte que el sexo, como parece ser el caso, también, en la mayoría de nosotros. Pero con el tiempo los mamíferos evolucionaron hasta el extremo de que el sueño se modificó a tenor de las nuevas circunstancias. Al extinguirse los dinosaurios, la luz diurna se convirtió súbitamente en un medio benévolo para los mamíferos. La inmovilización durante el día dejó de ser compulsiva, y lentamente fueron apareciendo diversidad de comportamientos respecto al sueño, incluida la actual correlación entre la intensa ensoñación de los mamíferos depredadores y el adormilamiento alerta y carente de sueños de las presas. Es posible, incluso, que las personas a las que bastan unas pocas horas de sueño sean los precursores de una nueva adaptación humana destinada a obtener el máximo partido de las veinticuatro horas del día. El autor, sinceramente, confiesa su envidia ante una adaptación de este género.

Estas conjeturas sobre los orígenes de los mamíferos constituyen una especie de mito científico. Quizás haya en ellas un atisbo de verdad, pero es poco probable que ofrezcan una explicación completa. La circunstancia de que los mitos científicos entronquen con mitos más antiguos puede ser o no una simple coincidencia. Es muy posible que seamos capaces de inventar mitos científicos sólo porque anteriormente hemos estado expuestos a la influencia de mitos de la otra especie. Con todo, no resisto a la tentación de relacionar esta versión del origen de los mamíferos con otro curioso aspecto del mito sobre la expulsión del Paraíso contenido en el Génesis. Porque, ni que decir tiene, es precisamente un reptil el que ofrece a Adán y Eva el fruto del conocimiento del bien y del mal, es decir, las funciones abstractas y morales localizadas en el neocórtex.

En la actualidad quedan en la Tierra poquísimas especies de reptiles de gran tamaño. Las más curiosa es el dragón de Komodo, en Indonesia, reptil de sangre fría, no muy inteligente, pero un depredador de estremecedora pertinacia en la consecución de sus objetivos. Con suma paciencia acechará a un ciervo o a un verraco dormidos para, repentinamente, cercenarles un cuarto trasero y dejar que la víctima se desangre hasta morir. Rastrean la presa por el olor. El dragón que sale a la caza de presa avanza pesadamente, con pasitos cortos, la cabeza gacha y la lengua bífida cerca del suelo para detectar la presencia de sustancias químicas.

*Varanus komodoensis*, el dragón de Komodo (isla de Komodo, Indonesia).

Los adultos más corpulentos pesan unos 135 kilogramos, miden tres metros de largo y posiblemente viven más de cien años. Para proteger sus nidadas el dragón excava fosos de dos a nueve metros de profundidad, lo que probablemente constituye una defensa contra los mamíferos que se nutren de huevos de reptiles y contra ellos mismos, ya que se ha podido comprobar que en ocasiones los adultos acechan una nidada en espera de que las crías salgan del cascarón y poder engullir un apetitoso bocado. Las crías de los dragones moran en los árboles, lo que debe interpretarse como otra clara adaptación defensiva contra las incursiones de los depredadores. La singular meticulosidad de estas adaptaciones demuestra claramente que los dragones pasan por un trance difícil. El habitat del dragón de Komodo se reduce a las selvas de las pequeñas islas Sonda, y no quedan más que unos dos mil especímenes.

En 1891, E. Dubois halló en las islas de la Gran Sonda, y concretamente en Java, el primer fósil de *Homo erectus*, que presentaba un volumen endocraneal de casi 1.000 cm<sup>3</sup>.

La oscura reconditez de los lugares que habitan indica sin lugar a dudas que los dragones están en vía de extinción debido a la actividad predatora de los mamíferos, en especial del hombre, conclusión deducida de los avatares que su existencia ha conocido a lo largo de los dos últimos siglos. Todos los especímenes con formas de adaptación menos perfectas o que habitaban en lugares más accesibles se han extinguido, incluso he llegado a preguntarme si la sistemática diferenciación de mamíferos y reptiles (véase la figura de la página 44) atendiendo a la proporción entre masa cerebral y corporal no será una consecuencia de la acción exterminadora de los mamíferos depredadores, que han ido dando muerte a los especímenes de dragones más inteligentes. En todo caso, es muy probable que la nutrida población de grandes reptiles haya venido disminuyendo desde el término de la era mesozoica y que hace tan solo mil o dos mil años había muchos más reptiles de gran tamaño de los que hay en la actualidad.

Seguramente no es un hecho casual que las leyendas populares de muy diversas culturas contengan alusiones míticas a los dragones.

Curiosamente, el primer cráneo representativo del «hombre de Pekín» —el *Homo erectus*, cuyos restos guardan estrecha relación con el uso del fuego— fue descubierto por Weng Chung Peí a finales de 1929 en la provincia china de Sinkiang, en un lugar conocido como la Montaña de los Dragones.

La implacable hostilidad entre el hombre y el dragón, como demuestra la leyenda de san Jorge, es más acentuada en Occidente. (En el capítulo 3 del Génesis, Dios dispone que haya perpetua enemistad entre los reptiles y el hombre.) De todos modos, no se trata de una simple peculiaridad de nuestro hemisferio; antes bien, el fenómeno tiene carácter universal. ¿Es una mera coincidencia que los sonidos onomatopéyicos que el hombre emite para reclamar silencio o llamar la atención tengan extraño parecido con el silbido de los reptiles? ¿Puede pensarse que los dragones llegasen a constituir un gravísimo peligro para nuestros antecesores protohumanos de hace unos cuantos millones de años, y que el terror que suscitaban, junto con las muertes que causaban, impulsaran la evolución del intelecto humano? ¿O debemos considerar, quizá, que la alegoría de la serpiente constituye una referencia a la utilización del componente reptílico agresivo y ritualista de nuestro cerebro en la posterior evolución del neocórtex? Salvo una excepción, el relato del Génesis acerca de la serpiente que tienta al hombre en el jardín del Paraíso es el único caso expuesto en la Biblia en que el ser humano acierta a comprender el lenguaje de los animales. ¿No es posible que el temor a los dragones fuera en realidad temor a una parte de nosotros mismos? Sea como fuere, sin la menor duda en el Paraíso había dragones.

San Jorge dando muerte al dragón, obra de Donatello (iglesia de Or San Michele, Florencia).

El fósil de dinosaurio más moderno se remonta a unos sesenta millones de años. Los antecesores del hombre (no, sin embargo, el género *Homo*) vivieron hace unos diez millones de años. ¿Es con cebible que criaturas antropoides llegaran a coexistir con el *Tyrannosaurus rex*? ¿Es posible que hubiera dinosaurios que lograran escapar a la muerte a fines del periodo cretáceo? ¿Cabe pensar que los sueños pertinaces y el temor generalizado que sienten los niños hacia los «monstruos» tan pronto son capaces de hablar sean vestigios evolucionistas de respuestas sumamente adaptativas — al estilo de los babuinos— a la amenaza de los dragones y las aves nocturnas?

Después de haber escrito este pasaje descubrí que Darwin había expresado una idea similar. Decía concretamente: «¿No es lícito suponer que los vagos pero no por ello menos reales temores de los niños, que nada tienen que ver con la experiencia, sean resonancias heredadas de peligros reales y toscas supersticiones de la humanidad primitiva? Es bastante congruente con lo que sabemos acerca de la transmisión de rasgos antaño perfectamente desarrollados, que aparezcan en una fase temprana de la vida para luego desaparecer» Como las hendiduras branquiales del embrión humano, añado yo.

La tentación de Adán y Eva por una serpiente antropomorfa y su expulsión del Paraíso, obra de Miguel Ángel (frescos de la Capilla Sixtina).

¿Qué cometido cumplen los sueños en la actualidad? En una reputada publicación científica se expresó el criterio de que la función de los sueños es alertarnos de vez en cuando para comprobar que nadie nos acecha para devorarnos. Pero el caso es que los sueños ocupan una parte tan reducida del sueño normal, que esta explicación no parece muy satisfactoria. Por si fuera poco, hemos visto ya que los indicios apuntan precisamente en dirección contraria, o sea que en nuestros días son los mamíferos predadores y no sus presas los que sueñan con profusión. Consideramos mucho más verosímil la explicación que, basándose en los principios que rigen el funcionamiento de los computadores, estima que los sueños constituyen una «fuga» del procesamiento inconsciente de los sucesos de la jornada, un escape de la decisión que toma el cerebro sobre el número de eventos diarios, temporalmente almacenados en una especie de «memoria intermedia», que han de incorporarse a la memoria duradera. Muchas veces soñamos en cosas acaecidas el día anterior, y con menos frecuencia en los sucesos de dos días antes. De todos modos, no parece que el símil de la «fuga» y de la memoria intermedia baste para explicar satisfactoriamente el proceso, porque no explica en absoluto los tan característicos enmascaramientos del lenguaje simbólico de los sueños, tema que Freud fue el primero en plantear. Tampoco explica la carga emotiva de los sueños. Estoy seguro de que mucha gente se ha sentido infinitamente más atemorizada en sueños que en estado de vigilia.

Las funciones de evacuación y almacenamiento de datos acumulados en la memoria efímera que cumplen los sueños tienen algunas interesantes repercusiones de orden social. El psiquiatra norteamericano Ernest Hartmann, de la Universidad de Tufts, ha proporcionado pruebas un tanto anecdóticas pero razonablemente persuasivas de que los individuos que desarrollan actividades intelectuales durante el día, sobre todo si no están familiarizados con ellas, necesitan dormir más horas por la noche, en tanto que, por regla general, aquellos que realizan actividades básicamente repetitivas y tareas monótonas desde el punto de vista intelectual necesitan menos descanso nocturno. Sin embargo, las sociedades modernas, en parte por razones de orden organizativo, están estructuradas como si todos los hombres tuvieran las mismas necesidades de descanso, y en muchos países se interpreta como prueba de rectitud moral el hecho de levantarse temprano. La cantidad de horas de descanso requeridas para llevar a cabo la evacuación de datos dependería pues de cuánto hayamos reflexionado y experimentado desde el último periodo de sueño. (No existen indicios de que la causalidad opere en orden y dirección contrarios; que sepamos, los individuos que se drogan con

fenobarbital no llevan a cabo actividades intelectuales insólitas durante los periodos de vigilia entre una y otra toma.) A este respecto sería interesante estudiar el caso de los individuos insomnes para determinar si la fracción de tiempo de sueño durante la que padecen ensoñaciones es más dilatada que la de aquellos otros que necesitan dormir un número de horas normal, así como establecer si el tiempo de sueño y de ensoñación aumenta en función de la calidad y cantidad de sus experiencias de aprendizaje en estado de vigilia.

Michel Jouvet, neurólogo francés que profesa en la Universidad de Lyon, ha descubierto que el sueño acompañado de ensoñaciones se genera en el pons, que si bien está ubicado en el cerebro posterior, constituye un aporte evolutivo característico de los mamíferos y acaecido en una fase tardía. Por otra parte, Penfield ha descubierto que la estimulación eléctrica de la parte interna y zona subyacente del lóbulo temporal comprendida en los límites del neocórtex y del complejo límbico, puede llegar a producir en los epilépticos un estado consciente muy similar al de unos sueños despojados de sus aspectos simbólicos y fantásticos. También puede inducir la experiencia *deja vu*. Muchos de los sentimientos que acompañan a los sueños, incluido el temor, pueden ser provocados mediante una estimulación eléctrica de este género.

En cierta ocasión tuve un sueño que desde entonces no ha dejado de atormentarme. Soñé que estaba hojeando distraídamente un voluminoso texto de historia. Juzgando por las ilustraciones puedo asegurar que el libro analizaba con parsimonia y método, como suele ocurrir con este tipo de obras, el decurso de los siglos: época clásica, edad media, renacimiento y demás, acercándose de manera gradual a la era moderna. Pero, casi sin darme cuenta, allí estaba la segunda guerra mundial, a la que se destinaban alrededor de doscientas páginas. Con creciente interés me sumé en el texto hasta tener la completa seguridad de que había ido más allá de la época en que vivía. Era, en fin, un libro de historia que comprendía el futuro, como si al girar la página del calendario cósmico correspondiente al 31 de diciembre me encontrara ante una crónica detallada de los sucesos acaecidos el 1 de enero. Conteniendo la respiración traté —así literalmente— de leer el futuro. Pero todo fue en vano, pues sólo conseguía descifrar términos aislados. Ciertamente es, pude discernir trozos o letras sueltas, pero sin conseguir jamás aglutinarlas en palabras ni las palabras en frases. Sufría de alexia.

Tal vez se trate de una simple metáfora sobre la imprevisibilidad del futuro, pero siempre que retorna el sueño, invariablemente, siento que soy incapaz de leer. Puedo reconocer, por ejemplo, una señal de tráfico con el stop por el color y la forma octogonal, pero no leer la palabra STOP, por más que sepa que está escrita allí. Asimismo, tengo la sensación de que comprendo el sentido de una página impresa, pero no porque haya leído palabra por palabra o frase por frase. En estado de ensoñación ni siquiera soy capaz de efectuar las más sencillas operaciones aritméticas con un mínimo de garantías. Por otra parte, cometo una buena gama de confusiones verbales sin aparente significado simbólico, como pueda ser el hecho de mezclar Schumann con Schubert. En suma, padezco un poco de afasia y estoy completamente aléxico. No toda la gente que conozco sufre este mismo deterioro cognoscitivo en estado de ensoñación, pero con frecuencia muchos individuos experimentan algún tipo de menoscabo. (Digamos de paso que los ciegos de nacimiento tienen sueños auditivos, no visuales.) Mientras uno sueña no puede decirse en modo alguno que el neocórtex permanezca inactivo, pero sí que parece sufrir importantes desajustes.

Seguramente tiene su importancia resaltar el hecho evidente de que tanto los mamíferos como las aves sueñan, pero no los reptiles, su antepasado común. Siempre que se ha producido un suceso evolutivo importante, superada la fase reptilica, se ha visto acompañado por el surgimiento de sueños, que tal vez constituyan una exigencia inherente a este cambio evolutivo. Las fluctuaciones eléctricas que se detectan en los sueños de las aves son episódicas y de corta duración. Cuando sueñan, lo hacen por espacio de un segundo, poco más o menos, en cada ocasión. Sin embargo, desde un punto de vista evolutivo, las aves guardan una más estrecha relación con los reptiles que los mamíferos. Si sólo dispusiéramos de pruebas concernientes a estos últimos, el argumento sería menos consistente, pero dado que ambos importantes grupos taxonómicos, evolucionados a partir de los reptiles, se ven competidos a soñar, debemos considerar con atención esta coincidencia. ¿Por qué un animal que ha evolucionado de un reptil se ve competido a soñar en tanto que otros animales no lo hacen? ¿Cabría explicarlo, quizás, por el hecho de que el cerebro reptiliano todavía subsiste y sigue funcionando?

En estado de ensoñación es muy raro que cortemos por lo sano y nos digamos: «Se trata sólo de un sueño». Por regla general le damos al sueño un barniz de realidad. Los sueños no se atienen a norma alguna de consistencia interna; son un mundo de magia y de ritual, de pasión y de rebeldía, pero muy raras veces de escepticismo y frío razonamiento. Acudiendo a la metáfora del cerebro trino, los sueños vendrían a ser hasta cierto punto una función del complejo R y de la corteza límbica, pero no de la parte racional del neocórtex.

Experimentos llevados a cabo demuestran que mientras transcurre la noche nuestros sueños se adentran más y más en el pasado, hasta el punto de utilizar ingredientes de nuestra infancia y niñez. Al propio tiempo, aumentan también los procesos primarios y el contenido emocional del sueño. Existe mayor probabilidad de que evoquemos sensaciones de nuestra infancia poco antes de despertarnos que no después de dormirnos. Parece realmente como si la integración de la experiencia de la jornada en nuestra memoria, la construcción de nuevas conexiones neurales, sea bien una tarea más fácil bien una labor más urgente. Conforme discurre la noche y se completa dicha función emergen los sueños con mayor carga afectiva, los recuerdos más extravagantes, el temor, la libidinosidad y otras emociones intensas que pueblan el mundo onírico. Avanzada la noche, cuando todo está en calma y han sobrevenido ya las ensoñaciones obligadas en torno al acontecer cotidiano, empiezan a revolverse las gacelas y los dragones de nuestra mente.

Uno de los medios más eficaces para el estudio de los estados de ensoñación corresponde a la iniciativa de William Dement, psiquiatra de la Universidad de Stanford, hombre mentalmente sano donde los haya, pero que ostenta un nombre chocante habida cuenta de su profesión. *Dement*, en inglés «loco», «demente». (*N. del t.*)

El estado de ensoñación va acompañado por rápidos movimientos conjugados de los ojos, los llamados REM (*rapid eye movements*), que es posible detectar mediante unos electrodos que se aplican suavemente a los párpados durante el sueño y, también, mediante una onda cerebral característica que se observa en el electroencefalograma. Dement ha descubierto que todo el mundo sueña numerosas veces al cabo de la noche. Al despertar, cuando el individuo se halla sumido en la bruma de este sueño que hemos dicho va acompañado de rápidos movimientos conjugados de los ojos, recuerda por lo general el contenido de su ensoñación. Ateniéndonos a las pautas del REM y del electroencefalograma se ha podido determinar que gran número de individuos que alegan no tener nunca ensoñaciones sueñan como el que más; la prueba está en que cuando se les despierta en el momento oportuno admiten con cierta sorpresa que han estado soñando. Durante el estado onírico el cerebro humano se halla en un estado fisiológico característico, y hay que decir que soñamos con bastante frecuencia. Aun cuando tal vez un 20 por 100 de los individuos despertados durante la fase de sueño REM no recuerdan sus fantasías nocturnas, y alrededor de un 10 por 100 despertados en otra fase distinta dicen haber estado soñando, nosotros, por razones de conveniencia, equipararemos el sueño en la fase REM y las consiguientes ondas cerebrales registradas en el electroencefalograma con el estado de ensoñación.

Existen indicios de que soñar es necesario. Cuando el hombre u otros mamíferos se ven privados del sueño REM (siendo despertados tan pronto aparecen los registros característicos del REM y del electro), aumenta el número de iniciaciones del estado de ensoñación por noche y, en los casos graves, las alucinaciones durante el día, esto es, sueños en estado de vigilia. He dicho ya que los registros de ensoñaciones por el REM y el electroencefalograma son breves en las aves y no aparecen en los reptiles. Al parecer, los sueños son básicamente una función de los mamíferos y, lo que es más, en el hombre el reposo nocturno acompañado de sueños es más intenso durante el periodo posnatal. Aristóteles afirmó con bastante contundencia que los lactantes no sueñan. Por el contrario, se ha comprobado que en muchos casos pasan soñando la mayor parte del tiempo. Los neonatos alumbrados dentro del plazo de gestación normal sueñan, por lo que toca al estado de ensoñación REM, durante más de la mitad del tiempo en que están dormidos. Los lactantes nacidos con unas pocas semanas de antelación sueñan durante las tres cuartas partes o más del tiempo total dedicado al sueño, y en la fase intrauterina, es muy probable que el feto esté soñando todo el tiempo. (Ciertamente, se ha observado que los gatitos acabados de nacer permanecen mientras duermen sumidos en la fase REM.) En tal caso, la recapitulación vendría a indicar que la ensoñación es, básicamente, una función propia de los mamíferos que se configuró en una etapa primeriza de la evolución.

Existe otra conexión entre la infancia y los sueños y es el hecho de que van seguidos de amnesia. Cuando salimos de uno u otro estado nos cuesta muchísimo recordar las escenas que hemos vivido. Yo diría que en los dos casos, el hemisferio izquierdo del neocórtex, que regula la rememoración analítica, ha funcionado falto de eficacia. Otra posible explicación sería que tanto en sueños como en los primeros meses de nuestra existencia padecemos una especie de amnesia traumática porque nos resulta demasiado doloroso recordar las experiencias. Sin embargo, olvidamos muchísimos sueños francamente agradables y, por otra parte, resulta difícil creer que la infancia sea *tan poco* placentera. Hay que decir también que algunos niños consiguen recordar hechos y sensaciones de las primeras etapas de sus vidas. No son muy raras las evocaciones de experiencias que se remontan al primer año de existencia, y seguramente incluso más tempranas. Cuando mi hijo Nicolás tenía tres años se le pidió que hablara del suceso o sensación más lejanos que pudiera recordar. Con tono sosegado y la mirada fija en un punto intermedio de la estancia respondió: «Recuerdo que era rojo y que hacía mucho frío». El chico había nacido tras serle practicada a la madre una cesárea. Aunque improbable, me pregunto si esta respuesta entraña una efectiva recordación del momento del parto. En cualquier caso, pienso que la explicación más probable a la amnesia que acompaña a los sueños, especialmente a los de infancia, deriva del hecho de que en dichos estados nuestra vida mental viene regida casi enteramente por el complejo R, el sistema límbico y el hemisferio cerebral derecho. Durante la primera infancia el neocórtex está insuficientemente desarrollado; en caso de amnesia, ha sufrido menoscabo.

Existe una sorprendente correlación entre las erecciones de pene o de clítoris y el sueño REM, incluso cuando las ensoñaciones no tengan un manifiesto contenido erótico. En los primates, como no, estas erecciones están relacionadas con el apetito sexual y también con la agresividad y el mantenimiento de las jerarquías sociales. Pienso que, cuando soñamos, una parte de nosotros participa en actividades bastante similares a las de los titís que tuve ocasión de ver en los sueños de los humanos; pueden oírse los resoplidos y sacudidas de los dragones y, también, el tonante aullido de los dinosaurios.

Una excelente demostración del crédito que puedan merecer las ideas científicas es su subsiguiente confirmación. Se postula una teoría sobre la base de ciertos indicios, y luego se lleva a cabo un experimento en relación con la misma cuyo resultado no puede conocerse con antelación por parte de quien lo ha propuesto. Si el experimento confirma la idea original, se considera que se trata de una teoría consistente y merecedora de apoyo. Freud estimó que buena parte, si no toda, la «energía psíquica» de las emociones afectas por los procesos primarios y los ingredientes que componen los sueños tienen originariamente una raíz sexual. El papel absolutamente esencial que desempeña la atracción sexual de cara a la propagación de las especies hace que esta idea no sea disparatada ni corrupta, como opinaban muchos de los bienpensantes y Victorianos contemporáneos de Freud. Por su parte, Carl Gustav Jung sostuvo que Freud había concedido desmesurada primacía al sexo en las cuestiones del inconsciente. Sin embargo, hoy, transcurridos tres cuartos de siglo, los experimentos de laboratorio efectuados por Dement y otros psicólogos han dado la razón a Freud. Creo que habría que ser un recalitrante puritano para negar la existencia de un nexo entre la erección del pene o del clítoris y el instinto sexual. De ello parece deducirse que sueños y sexualidad no están vinculados de manera fortuita o incidental, sino unidos por estrechos lazos, si bien no cabe negar que aquéllos guardan también concomitancia con los

componentes ritualistas, agresivos y jerárquicos de la conducta animal. Teniendo en cuenta la represión sexual que se daba en el siglo XIX en el seno de la sociedad vienesa, muchas de las percepciones de Freud nos parecen no sólo válidas, sino también valerosas y mantenidas a costa de mucho esfuerzo.

Se han llevado a cabo estudios estadísticos de las categorías más comunes de sueños, estudios que, por lo menos hasta cierto punto, deberían aclarar la naturaleza de los mismos. En el curso de una encuesta llevada a cabo entre estudiantes universitarios en torno al contenido de los sueños, el orden resultante, tomando como base las cinco temáticas más frecuentes, fue el siguiente: 1) caídas; 2) ataques o persecuciones; 3) repetidos y frustrados intentos de llevar a cabo una tarea o una empresa; 4) sueños relacionados de una manera u otra con los estudios; 5) experiencias sexuales diversas. El sueño reseñado con el número cuatro parece guardar relación específica, justificada por demás, con el grupo objeto del muestreo. En cuanto a los restantes, si bien forman parte de la experiencia vital de los estudiantes, por lo general se aplican también a muchas personas que no lo son.

El temor a las caídas guarda clara relación con nuestros orígenes arbóreos y sin duda es un temor que compartimos con el que sienten otros primates. En efecto, para el que vive en un árbol el modo más simple de morir es, sencillamente, olvidar el riesgo que corre de caerse. Por lo que toca a las otras tres categorías de sueños más corrientes, ofrecen especial interés, por cuanto corresponden a funciones agresivas, jerárquicas, ritualísticas y sexuales; en suma, todo lo que es dominio del complejo R. Otro dato significativo de la encuesta mencionada es que casi la mitad de los individuos interpelados dijeron haber soñado con serpientes, el único animal, aparte del hombre, que goza de categoría propia en la lista de los veinte tipos de sueños más comunes. Ciertamente, es posible que muchos sueños relacionados con ofidios puedan interpretarse sin más en función de las tesis freudianas. Sin embargo, dos tercios de los encuestados mencionaron de manera explícita que habían tenido sueños relacionados con la experiencia sexual. Habida cuenta de que, según Washburn, los primates no adultos muestran un miedo congénito a las serpientes, parece lógico preguntarse si el mundo de la ensoñación no proyecta directa e indirectamente, la antigua hostilidad entre reptiles y mamíferos.

Existe a mi modo de ver una hipótesis que casa con las verdades científicas que acabo de exponer, y es que la evolución del sistema límbico significó una manera radicalmente nueva de contemplar el mundo. La supervivencia de los primeros mamíferos dependía de su inteligencia, de peligros que sortearon durante el día y de la devoción hacia los especímenes más jóvenes. El mundo percibido a través del complejo R era un mundo muy distinto. En razón a la naturaleza acumulativa del proceso de cerebración, las funciones del complejo R podían ser utilizadas o desechadas en parte, pero no ignoradas. De esta manera, surgió un centro de inhibición localizado debajo de lo que en el hombre es el lóbulo temporal, con objeto de atenuar la acción del cerebro reptílico, al tiempo que en el pons aparecía un centro de activación cuya misión era impulsar el funcionamiento del complejo R, pero de una manera inocua, durante el sueño. Esta consideración tiene, por supuesto, notables puntos de semejanza con las tesis de Freud acerca de la represión del *ello* por parte del *superego* (o del inconsciente por parte de la conciencia moral), en las que el papel del *ello* se ponía claramente de manifiesto en fenómenos tales como los *lapsus linguae* la libre asociación de ideas, ensoñaciones, etc., es decir, en los intersticios de la represión ejercida por parte del *superego*.

Al producirse el notable desarrollo del neocórtex en los mamíferos superiores y en los primates, tuvo lugar una cierta participación neocortical en el estado onírico, y es que un lenguaje simbólico es, a fin de cuentas, eso, un lenguaje. (Esta circunstancia se relaciona con las diferentes funciones de los dos hemisferios del neocórtex que mencionaremos en el siguiente capítulo.) Pero la filigrana de los sueños contenía elementos sexuales, agresivos, jerárquicos y ritualistas significativos. Los ingredientes fantásticos que pueblan el mundo de los sueños tal vez tengan que ver con la casi total ausencia de estimulación sensorial directa durante las ensoñaciones. En el estado onírico apenas si existe un análisis de la realidad. Desde este ángulo, la frecuencia de sueños en los niños se explicaría por el hecho de que durante la infancia la parte analítica del neocórtex no tiene intervención apreciable. La carencia de ensoñaciones en los reptiles se explicaría por la ausencia de represión del estado de ensoñación. Para expresarlo de la misma forma con que Esquirol describió a nuestros antecesores, diremos que los reptiles «sueñan» despiertos. Creo que esta idea sirve para explicar la peculiaridad —por contraste con la conciencia verbal que exhibimos en estado de vigilia— del estado de ensoñación; su localización en los mamíferos y, preferentemente, en el ser humano durante el periodo subsiguiente al parto; su fisiología, y su penetración en el hombre.

El hombre desciende de los reptiles y de los mamíferos. Es muy probable que al reprimir durante el día la acción del complejo R y al liberar por la noche los dragones de nuestra ensoñación estemos reviviendo los cien millones de años de lucha en que reptiles y mamíferos se enfrentaron, con la salvedad de que se ha invertido el momento del día en que tiene lugar la vampírica caza. Con todo, hay en la conducta del ser humano suficientes rasgos reptílicos. Si liberásemos por completo los aspectos reptílicos de nuestra naturaleza, disminuiría considerablemente nuestra capacidad de supervivencia. Puesto que el complejo R se halla muy profundamente engarzado en la fábrica del cerebro, no cabe soslayar por mucho tiempo y de forma absoluta sus funciones. Quizá el estado de ensoñación permite, en *nuestra* fantasía y en *su* realidad, que el complejo R funcione regularmente, como si todavía controlase la situación.

En el supuesto de que esto sea verdad, me pregunto con Esquirol si el estado de vigilia de otros mamíferos se asemeja mucho al estado de ensoñación de los humanos, donde podemos reconocer *signos*, como el contacto con el agua de un arroyuelo o el olor de la madreselva, al tiempo que un limitadísimo repertorio de *símbolos*, tales como las palabras; un estado en el que hallamos vividas imágenes sensoriales y emocionales y un conocimiento intuitivo operante, pero un mínimo de análisis racional; un estado en el que somos incapaces de llevar a cabo tareas que exijan una profunda concentración y en el que experimentamos frecuentes lapsus de atención, numerosos intervalos neutros y, por encima de todo, un endeble sentido de nuestra individualidad o de nuestro yo que da paso a un intenso fatalismo, a



una sensación de imprevisible zarandeo por parte de acontecimientos sobre los que no ejercemos control alguno. Si este es nuestro punto de origen ciertamente hemos recorrido un largo trecho.

## Amantes y locos

Amantes y locos tienen la mente tan arrebatada, tan poblada de fantasías, que perciben más de lo que la pura razón es capaz de aprehender. El orate, el que pena de amor y el poeta destilan imaginación ...

W. SHAKESPEARE, *El sueño de una noche de verano*

Los *simples* poetas tienen la mente tan embotada como la de un sujeto ebrio, sumida siempre en la bruma, incapaces de ver o de juzgar las cosas con claridad. Para ser un eximio y cabal poeta todo hombre necesitaría estar versado en varias ciencias, poseer una mente lógica, analítica y, en cierta medida, matemática ...

JOHN DRYDEN, *Notas y observaciones sobre la emperatriz de Marruecos, 1674*

Los sabuesos tienen fama de ser formidables rastreadores. Se les deja olfatear una «pista» —un trozo de ropa perteneciente al sujeto buscado, sea un niño perdido o un recluso fugado de la cárcel— y luego, ladrando, toman alegre y decididamente la senda que corresponde. Los perros y muchos otros animales de caza tienen esta aptitud natural extraordinariamente desarrollada. El rastro propiamente dicho contiene una huella olfativa, un olor. Éste no es más que la percepción de una determinada molécula, en el caso que nos ocupa una molécula orgánica. Para poder seguir un rastro, el sabueso debe percibir la diferencia de olor —olor contenido, como hemos dicho, en una determinada molécula del organismo— entre el sujeto objeto de búsqueda y un vastísimo y activo trasfondo de otras moléculas, algunas pertenecientes a otros individuos que han seguido idéntica senda (a los que hay que sumar los componentes de la propia expedición de rastreo) y otras de diversos animales (entre los que debe incluirse el propio sabueso). El número de moléculas que desprende un hombre que camina es relativamente pequeño, lo que no impide que incluso cuando el rastro se ha «enfriado» —como es el caso cuando han transcurrido varias horas desde la desaparición del sujeto buscado— el sabueso pueda seguir la pista sin dificultad.

Esta formidable aptitud de ciertos canes implica una detección olfativa extremadamente sensible, función que, como vimos con anterioridad, también los insectos llevan a cabo con notable eficacia. Pero lo que más asombra en el perro sabueso, y lo que al mismo tiempo le confiere peculiaridad frente al insecto, es la amplitud de su gama olfativa, su aptitud para identificar un olor entre muchos, cada uno de ellos sumido en un mar de múltiples aromas. El sabueso lleva a efecto una compleja catalogación de la estructura molecular; selecciona la molécula de que se trata entre un riquísimo muestrario molecular previamente olfateado, y, lo que es más, apenas necesita un minuto para registrar el olor en cuestión, que luego recordará por un largo periodo de tiempo.

Al parecer, la identificación olfativa de cada molécula la llevan a cabo unos receptores nasales sensibles a determinados grupos funcionales, o partes, de moléculas orgánicas. Un receptor puede ser sensible al COOH, otro al NH<sub>2</sub>, etcétera. (C es el símbolo del carbono, H del hidrógeno, O del oxígeno y N del nitrógeno.) Según parece, las diferentes cadenas secundarias y elementos accesorios de las moléculas compuestas se adhieren a diferentes receptores moleculares de la mucosa nasal, y los detectores correspondientes a todos los grupos funcionales se combinan para conformar una especie de imagen olfativa global de la molécula. Se trata de un mecanismo sensorial en extremo perfeccionado. A este respecto, cabe decir que el más avanzado dispositivo de esta especie concebido por el hombre, o sea el cromatógrafo de gases/espectrógrafo de masas, carece, por regla general, de la sensibilidad y la capacidad selectiva del sabueso, por más que se hayan dado notables avances en este campo tecnológico. El sistema olfativo de los animales ha llegado a su actual grado de perfeccionamiento merced a una serie de exigencias del proceso de selección. La rápida detección de un espécimen del mismo grupo, de un depredador o de una presa es cuestión de vida o muerte para la especie. El sentido del olfato emerge en una fase temprana y, ciertamente, es muy posible que buena parte de la evolución primigenia por encima del nivel del armazón neural se viera espoleada por las demandas del proceso selectivo con objeto de facilitar la detección molecular a que hemos aludido. Así, los característicos bulbos olfativos del cerebro (véase la figura de la página 56) se cuentan entre los primeros componentes del neocórtex que registra la historia de la vida del planeta. Herrick, con buen criterio, llamó al sistema límbico «rinencéfalo» o cerebro olfativo.

El sentido del olfato no está, ni con mucho, tan desarrollado en los hombres como en los sabuesos. A pesar de nuestra masa cerebral, poseemos unos bulbos olfativos más pequeños que los de muchos animales. Por otra parte, es obvio que el olfato desempeña un papel de poco relieve en nuestra vida cotidiana. Un individuo corriente sólo alcanza a distinguir una menguada gama de olores. Pese al reducido número de olores que forman el repertorio olfativo del hombre, nuestras descripciones verbales y conocimiento analítico del olfato son en extremo pobres. Nuestra respuesta ante un olor determinado poco tiene que ver, a tenor de nuestra propia percepción, con la estructura tridimensional de la molécula causante de dicho olor. La olfacción es una compleja labor cognoscitiva que nos es dado realizar, dentro de unos límites, con notable precisión, pero que en el mejor de los casos no acertamos a describir más que muy

someramente y de forma insuficiente. Y pienso que si el perro sabueso pudiera hablar, pasaría por el mismo apurado trance que nosotros para describir los detalles de una tarea que lleva a cabo con suma perfección.

De la misma manera que los perros y muchos otros animales se valen primordialmente del olfato para penetrar en su entorno físico, en el hombre es la vista el conducto básico por el que nos llega la información del exterior. La sensibilidad y capacidad diferenciadora del ojo humano son por lo menos tan asombrosas como las facultades olfativas de los lebreles. Podemos, por ejemplo, distinguir una cara de otra. Las personas observadoras son capaces de diferenciar decenas, centenares y hasta miles de rostros. Por ejemplo, el *identikit*, muy utilizado por la Interpol y la policía de muchos países de Occidente, es capaz de reconstruir más de diez mil millones de rostros distintos. El valor de esta aptitud de cara a la supervivencia es evidente, en especial referida a nuestros antecesores. Pero pensemos por un instante cuan difícil nos resulta proceder a la descripción verbal de unas caras que reconoceríamos sin dificultad. Por lo común, los testigos procesales suelen ofrecer pésimas descripciones de un individuo al que vieron o conocieron fugazmente; en cambio, cuando se lo ponen delante, lo identifican con singular facilidad. El hecho es que, a pesar de los errores de identificación que sin duda se han dado, los tribunales aceptan de mil amores el testimonio de una persona adulta acerca de los rasgos físicos de un sujeto dado. Para comprobar esta facilidad innata basta pensar en la presteza con que reconocemos a una «celebridad» entre un tropel de gente, o en la manera en que salta a la vista nuestro nombre cuando aparece reseñado en una nutrida lista no ordenada por orden alfabético.

El hombre y otros animales poseen notables facultades cognitivas y un elevado índice de percepción de datos que, sencillamente, superan la conciencia verbal y analítica que tantos de nosotros consideramos como el único patrimonio digno de ser tenido en cuenta. A menudo se alude a esta clase de conocimiento integrado por nuestras percepciones y cogniciones no verbales con el término de «intuitivo», que no es lo mismo que «innato», pues nadie nace con un repertorio de rostros impreso en el cerebro. En mi opinión, dicho vocablo refleja una ambigua irritación ante la incapacidad de comprender de qué forma accedemos a este conocimiento. Pero lo cierto es que la historia del conocimiento intuitivo es sumamente dilatada, y si tomamos en cuenta la información contenida en el material genético, se remonta nada menos que al origen de la vida. El otro modo de conocimiento de que disponemos, y que con tan malos ojos contempla en Occidente la existencia del conocimiento intuitivo, es una adición evolutiva muy moderna. El discurso racional que formulamos sólo de palabra (y que entraña, por ejemplo, el uso de oraciones completas) no tiene probablemente más que unas decenas o centenares de miles de años. Muchas personas son, en su vida consciente, casi completamente racionales, y otras muchas casi del todo intuitivas. Unos y otros se denostan sin reparar apenas en el valor recíproco de ambas clases de conocimiento.

Vista esquematizada de la parte superior del cerebro humano con los dos hemisferios separados por neurocirujanos en un logrado intento de dominar los ataques epilépticos. Por lo general, la separación se lleva a efecto seccionando el cuerpo calloso. A veces también se procede al seccionamiento de las conexiones secundarias entre ambos hemisferios, es decir, de la comisura anterior y de la comisura del hipocampo.

Calificativos como «embrollado» o «amoral» constituyen, tal vez, las más ponderadas y corteses de tales recriminaciones. ¿Por qué dos modos de pensamiento precisos y complementarios tienen tan pocas concomitancias entre sí?

Los primeros indicios de que ambos se hallan localizados en la corteza cerebral nos vienen dados por el estudio de las lesiones cerebrales a consecuencia de heridas o golpes fortísimos en los lóbulos temporal y parietal del hemisferio izquierdo del neocórtex. La víctima suele tener dificultades para leer, escribir, hablar y realizar operaciones aritméticas. Las mismas o parecidas lesiones en el hemisferio derecho mermarían la visión tridimensional, el reconocimiento de formas y contornos, las facultades musicales, el razonamiento holístico.

Aquel que subraya la relación orgánica y funcional de las partes con el todo. *(N. del t.)*

La identificación facial reside básicamente en el hemisferio derecho, y quienes afirman «jamás olvido una cara» realizan un reconocimiento de configuración sobre el lado derecho. En la práctica, las lesiones del lóbulo parietal derecho en ciertos casos incapacitan al paciente para reconocer su propia imagen en el espejo o en una fotografía. Estas observaciones indican de forma inequívoca, o poco menos, que las funciones que llamamos «racionales» se localizan principalmente en el hemisferio izquierdo, y las que consideramos «intuitivas» en el derecho.

Los últimos y más significativos experimentos llevados a cabo en este contexto son obra de Roger Sperry y su equipo de colaboradores del Instituto Tecnológico de California. De cara al tratamiento de los casos agudos de epilepsia *gran mal*, en la que el paciente sufre ataques prácticamente ininterrumpidos (tanto como dos por hora), procedieron al seccionamiento del cuerpo calloso, el principal haz de fibras nerviosas que comunican los hemisferios derecho e izquierdo del neocórtex (véase figura en página anterior). La operación quirúrgica se llevó a cabo con la intención de evitar que lo que podríamos llamar la «tormenta neuroeléctrica» de un hemisferio se propagara, lejos del foco inicial, al otro. Los neurocirujanos confiaban en que después de la operación los ataques no afectarían más que a un hemisferio. Pero el desenlace, inesperado y positivo, fue un muy acentuado descenso tanto de la frecuencia como de la intensidad de los accesos en ambos hemisferios, como si previamente, por decirlo en términos de informática, se hubiera dado una *realimentación positiva* a tenor de la cual la actividad eléctrica de la crisis epiléptica en cada

hemisferio estimulara al otro por conducto del cuerpo calloso.

En apariencia, después de la intervención quirúrgica los pacientes con un «cerebro partido» se comportan con absoluta normalidad. Algunos aseguran que han cesado de todas las vividas ensoñaciones que experimentaban antes de la operación. El primero de este grupo de enfermos estuvo un mes sin poder hablar después de la operación; pero la afasia que padecía terminó por desaparecer. La conducta y aspectos normales de los pacientes con un «cerebro partido» constituyen en sí una demostración de que el cuerpo calloso actúa de manera imperceptible. Teniendo en cuenta que nos estamos refiriendo a un haz de doscientos millones de fibras neurales que procesan nada menos que varios miles de millones de bits por segundo entre los dos hemisferios cerebrales, y que contiene alrededor del 2 por 100 de las neuronas del neocórtex, ¿debemos creer que al seccionar el cuerpo calloso el individuo sigue tan campante? Obviamente, deberían producirse alteraciones importantes, cambios que es preciso analizar con más detenimiento de lo normal.

Cuando examinamos un objeto situado a nuestra derecha, ambos ojos miran hacia lo que se denomina el campo visual derecho, y si hacemos lo propio con los objetos a nuestra izquierda, acotamos con la vista el campo visual izquierdo. Sin embargo, y debido al tipo de conexión existente entre los nervios ópticos, el campo visual derecho es procesado en el hemisferio izquierdo, y el campo visual izquierdo en el hemisferio derecho. Asimismo, el hemisferio izquierdo procesa buena parte de los sonidos que capta el oído derecho, y a la inversa, aun cuando parte de la información auditiva es tratada en el mismo lado de recepción, o sea, sonidos que, por ejemplo, capta el oído izquierdo y que son procesados en el hemisferio izquierdo. El sentido del olfato, surgido en una fase evolutiva anterior, no presenta este entrecruzamiento funcional; así, el olor que detecta la fosa nasal izquierda es procesado en su totalidad por el hemisferio correspondiente. En cambio, la información entre el cerebro y los miembros *es* de tipo cruzado. Los objetos que palpa la mano izquierda se perciben básicamente en el hemisferio derecho, y las instrucciones a la mano derecha para que escriba determinada frase se procesan en el hemisferio izquierdo.

Sperry y su equipo de colaboradores han llevado a cabo una serie de brillantes experimentos consistentes en la estimulación por separado de los hemisferios derecho e izquierdo en pacientes que han sufrido el seccionamiento del cuerpo calloso. Uno de los experimentos tipo consiste en proyectar en una pantalla la palabra *hatband* (cinta del sombrero), de forma que *hat* se halle en el campo visual izquierdo y *band* en el derecho. El paciente manifiesta que ha visto escrita la palabra *band*, siendo evidente que, por lo menos en función de su capacidad para expresarse verbalmente, no tiene idea de que el hemisferio derecho ha recibido la impresión visual del término *hat*. Cuando se le pidió que especificase de qué *band* (cinta, banda) se trataba, el paciente conjeturó que podía tratarse de una *outlaw band* (banda de forajidos), de una *rubber band* (liga elástica o cinta de goma) o de una *jazz band* (banda de jazz). Pero si en el curso de un experimento comparable se pide al enfermo que escriba con la mano izquierda oculta en el interior de una caja la palabra que ha visto en la pantalla, traza sobre el papel la palabra *hat*. Por el movimiento de la mano el paciente sabe que ha escrito algo, pero como no puede leerlo, la información no llega al hemisferio izquierdo, que es el que regula la facultad del habla. Así, curiosamente, puede escribir la respuesta, pero no darla de viva voz.

Muchos otros experimentos arrojan resultados similares. En uno de ellos el paciente puede palpar con la mano izquierda unas letras sueltas de material plástico ocultas a la vista. Dichas letras sólo permiten construir correctamente una palabra inglesa, como *love* o *cup*, que el paciente compone sin dificultad. El hemisferio derecho posee escasa capacidad verbal, más o menos la misma que en sueños. Así, el paciente, tras haber compuesto correctamente la palabra de referencia, no consigue indicar de palabra cuál es el término que ha formado. De ello parece deducirse que, en los pacientes de «cerebro partido», cada hemisferio ignora por completo la información que el otro obtiene por separado.

La inoperancia del hemisferio izquierdo en el plano de la representación geométrica es realmente asombrosa, como muestra claramente la ilustración de la página 171. Un paciente del tipo mencionado y que escribía con la derecha, sólo pudo trazar correctamente unas sencillas figuras geométricas utilizando la izquierda, o sea la mano inexperimentada. Parece que en el ámbito de la representación espacial o geométrica el hemisferio derecho solamente prevalece sobre el izquierdo en las tareas de tipo manual, dominio que desaparece cuando se trata de funciones geométricas que no requieren una coordinación entre mano, ojos y cerebro. Estas actividades manipulativas en el plano geométrico parecen localizarse en el lóbulo parietal del hemisferio derecho, en una región que, trasladada al hemisferio izquierdo, regula el uso del lenguaje. M. S. Gazzaniga, de la Universidad Estatal de Stony Brook (Nueva York) sugiere que esta especialización hemisférica acaece porque el lenguaje se desarrolla en el hemisferio izquierdo antes de que el niño adquiera suficiente pericia en las tareas manipulativas y en la visualización geométrica. Según este punto de vista, la especialización del hemisferio derecho en cuanto a competencia geométrica constituye una especialización por omisión, es decir, que la competencia del hemisferio izquierdo ha sido encauzada o desviada hacia el lenguaje.

Representación esquemática, según Sperry, de la proyección del mundo exterior en los dos hemisferios del neocórtex. Los campos visuales derecho e izquierdo se proyectan, respectivamente, en los lóbulos occipitales izquierdo y derecho. La regulación del lado derecho y del lado izquierdo del cuerpo es también de tipo cruzado, como lo es en buena parte el oído. Los olores se dirigen a los hemisferios del mismo lado, al igual que la fosa nasal que vehicula la olfacción.

El sujeto sólo lee y da cuenta verbalmente de la palabra proyectada en su campo visual derecho. No se da ningún tipo de asociación, ni siquiera inconsciente, entre las palabras de los campos visuales derecho e izquierdo. (Según Sperry.)

Un paciente al que le ha sido seccionado el cuerpo calloso escribe correctamente —mejor con trazo normal que con letra de palo—, utilizando la mano oculta, una palabra proyectada a su campo visual izquierdo. Pero al ser interpelado para que diga lo que ha escrito con la mano izquierda, da una respuesta totalmente incorrecta (*cup*). (Según Nebes y Sperry.)

Según se dice, poco después de que Sperry llevase a término uno de sus más convincentes experimentos, ofreció una fiesta en su casa a la que fue invitado un reputado físico teórico con el cuerpo calloso intacto. El científico, hombre notorio por su sentido del humor, permaneció todo el tiempo escuchando atenta y calladamente las explicaciones de Sperry sobre los hallazgos obtenidos a raíz de los experimentos con los pacientes a que nos hemos referido. Al término de la velada los invitados empezaron a desfilarse, y Sperry se situó junto a la puerta para despedir al último grupo. El físico tendió la mano derecha a Sperry y le dijo que había pasado una velada deliciosa. Luego, efectuando una especie de paso de baile, intercambiaba la posición de ambos pies, extendió la mano izquierda hacia el anfitrión y apostilló con voz reprimida y estridente: «Y también quiero que sepa que he estado aterrorizado por unas horas».

Cuando se dificulta la comunicación entre los dos hemisferios cerebrales, el propio paciente suele no hallar explicación a su proceder, evidenciándose aquello de que incluso si el sujeto «habla con propiedad» puede muy bien ignorar «la sustancia del tema de que trata». (Compárese esta afirmación con la cita de *Fedro* transcrita en la página 13.) La relativa independencia de actuación de los dos hemisferios se manifiesta en la vida cotidiana. Hemos hablado ya de la dificultad que entraña la descripción verbal de las complejas percepciones del hemisferio derecho. Al parecer, muchas actividades físicas complejas, como puede ser la práctica de un deporte, cuentan con una participación proporcionalmente exigua del hemisferio izquierdo. Por ejemplo, en el tenis, un buen «truco» para desbaratar el juego del contrario consiste en preguntarle en qué parte del mango de la raqueta coloca el pulgar. A menudo, la atención que el hemisferio izquierdo presta a dicha pregunta, aunque sea por un corto periodo de tiempo, consigue el objetivo buscado. Buena parte de las facultades musicales se regulan en el hemisferio derecho. Es de sobras conocido que hay individuos capaces de aprender de memoria una canción o una melodía musical sin tener idea alguna de cómo transcribirlas al papel pautado. Aplicando el caso al piano, podríamos aludir a este fenómeno diciendo que nuestros dedos (no nosotros) han «aprendido de memoria» la melodía en cuestión.

Incapacidad relativa del hemisferio izquierdo para reproducir figuras geométricas. (Según Gazzaniga.)

A veces esta memorización reviste gran complejidad. No hace mucho tuve el placer de asistir al ensayo de un concierto para piano aún no estrenado, interpretado por una importante orquesta sinfónica. En este tipo de ensayos, el director no suele tomar la partitura desde el primer compás para proceder luego hasta el final de la composición, sino que, tanto por la pérdida de tiempo de ensayo que ello supondría como por la competencia profesional de los profesores de la orquesta, se concentra en los pasajes más difíciles. Una de las cosas que más me impresionó fue no sólo que la solista se supiese de memoria toda la partitura, sino que además pudiese tocar a partir del compás que se le indicara con sólo echar un rápido vistazo a la partitura. Esta envidiable retentiva es función conjunta de los dos hemisferios cerebrales. Es sumamente difícil memorizar una pieza musical nunca escuchada hasta el punto de poder acometer su ejecución a partir de un fragmento cual quiera de la composición. Para decirlo con la jerga utilizada en informática, la pianista tenía acceso aleatorio —como contrapuesto al secuencial— a la partitura musical.

Este ejemplo es ilustrativo de la cooperación entre uno y otro hemisferio en buen número de las más complejas y trascendentes actividades humanas. Es muy importante no exagerar la separación de funciones que corresponden a cada uno de los hemisferios contiguos al cuerpo calloso en un hombre normal. Es conveniente reiterar que la existencia de un haz de conexiones o fibras nerviosas tan complejo supone que la interacción de los dos hemisferios es una función de vital importancia en el hombre.

Además del cuerpo calloso existe entre ambos hemisferios una conexión llamada comisura anterior, mucho más pequeña que aquélla (véase la figura de la página 163) y que a diferencia de este último se halla también en el cerebro de los peces. En los casos de pacientes a los que se ha seccionado el cuerpo calloso, respetando en cambio la comisura anterior, la información olfativa se transfiere siempre de un hemisferio al otro. Al parecer, ocasionalmente se produce un trasvase de cierta clase de información visual y auditiva a través de la comisura anterior, pero de forma imprevisible en cada paciente. Los hallazgos derivados de tales experimentos están en sincronía con la anatomía y la evolución; la comisura anterior (y también la comisura del hipocampo [véase la figura de la página 163]) ocupa una zona más interior que el cuerpo calloso y transfiere información a la corteza límbica y, quizá, a otros componentes más primitivos del cerebro.

En el hombre se da una interesante disociación entre las facultades musicales y las facultades de expresión oral. Los enfermos que padecen lesiones del lóbulo temporal derecho, o que han sufrido hemisferioectomías del lado derecho,

tienen muy limitadas sus facultades musicales, pero no así su capacidad verbal, sobre todo cuando se trata de identificar y recordar melodías. De todos modos, su dolencia no les impide leer una partitura, lo cual es perfectamente congruente con la separación de funciones antes señalada. La memorización y captación de la música presupone el reconocimiento de ciertas configuraciones auditivas y una disposición de tipo holístico más que analítico. Existen indicios de que la poesía es, en parte, una función del hemisferio derecho. Se han dado casos en que el paciente ha empezado a escribir poemas por vez primera a raíz de la afasia provocada por una lesión del hemisferio cerebral izquierdo. Pero, a buen seguro, ello no pasaría de ser, en palabras de Dryden, más que «mera poesía». Por otro lado, parece que el hemisferio derecho es incapaz de componer rimas.

La separación ó lateralización de la función cortical fue un hallazgo que siguió a una serie de experimentos con pacientes que padecían lesiones cerebrales. Sin embargo, es importante demostrar que las conclusiones derivadas de estos casos también son aplicables a las personas normales. Gazzaniga ha llevado a cabo experimentos con individuos que no padecen lesiones cerebrales, a los que se proyecta una palabra, la mitad en el campo visual derecho y la otra mitad en el izquierdo, como en el caso de los pacientes con el cerebro «partido», y luego se supervisa la reconstrucción de la misma. Los resultados obtenidos indican que en el cerebro normal el hemisferio derecho apenas interviene en el procesamiento del lenguaje, pero a través del cuerpo calloso transmite lo que observa al hemisferio izquierdo, donde se recompone la palabra completa. Gazzaniga halló también que un paciente con el cuerpo calloso seccionado poseía un hemisferio derecho asombrosamente dotado en materia lingüística. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que este enfermo había padecido de muy niño un trastorno cerebral orgánico en la región temporalparietal del hemisferio izquierdo, y ya hemos dicho que las lesiones cerebrales acaecidas durante los dos primeros años de vida del individuo, pero no más allá de este lapso, pueden provocar una redistribución de las funciones cerebrales.

Robert Ornstein y David Galin, del Instituto Neuropsiquiátrico Langley Porter de San Francisco, afirman que a medida que los individuos normales pasan de una actividad intelectual analítica a otra sintética, la actividad cerebral que registra el electroencefalograma de los hemisferios cerebrales correspondientes varía en concordancia con las previsiones; o sea, que cuando un sujeto realiza, por ejemplo, operaciones aritméticas de memoria, el hemisferio derecho exhibe el ritmo alfa, característico de un hemisferio cerebral «inactivo». En el caso de que este resultado se confirmase, estaríamos frente a un notable hallazgo.

Ornstein ofrece una interesante analogía para explicar por qué motivo, por lo menos en Occidente, hemos establecido tantos contactos con las funciones del hemisferio izquierdo y tan pocas con el derecho. Según indica, nuestro conocimiento de la función que corresponde al hemisferio derecho viene a ser algo así como nuestra capacidad para observar las estrellas con luz diurna. El fulgor del sol es tal que las estrellas son invisibles, pese al hecho de que permanecen día y noche en el firmamento. Sólo cuando se pone el sol podemos vislumbrarlas. Asimismo, el fulgor de nuestras adquisiciones evolutivas más recientes, es decir, de las facultades verbales reguladas por el hemisferio izquierdo, empaña el conocimiento de las funciones del hemisferio derecho, donde se localiza el pensamiento intuitivo, que a buen seguro constituyó para nuestros antepasados el principal instrumento de percepción externa.

1. Suele decirse de la marihuana que potencia nuestra apreciación y facultades en el orden musical, de la danza, el arte, el reconocimiento de configuraciones y signos y receptividad de la comunicación de carácter no verbal. Que yo sepa, nunca se ha dicho de esta droga que mejore la capacidad para leer y comprender a Ludwig Wittgenstein o Emmanuel Kant, calcular la resistencia de los puentes o computar las transformaciones de Laplace. A menudo, el sujeto incluso tiene dificultades para plasmar sus ideas por escrito de una manera coherente. Me pregunto si, más que intensificar, los cannabinoles (ingredientes activos de la marihuana) no se limitan a anular la actividad del hemisferio derecho y permitir el encendido de las luces de la imaginación. Puede que este sea, también, el objetivo de los estados de meditación que preconizan muchas religiones orientales.

El hemisferio izquierdo procesa la información de forma secuencial, mientras que el hemisferio derecho lo hace simultáneamente, conectando con diversas fuentes de información a la vez. Por decirlo en el lenguaje de los computadores, el hemisferio izquierdo funciona en un régimen de transferencia *en serie*, y el derecho lo hace *en paralelo*. El hemisferio izquierdo viene a ser un computador digital y el derecho un ordenador analógico. Sperry indicó que la separación de funciones en los dos hemisferios es consecuencia de una «incompatibilidad básica». Es posible que en la actualidad seamos capaces de percibir directamente las operaciones del hemisferio derecho, sobre todo cuando el hemisferio izquierdo ha quedado «desactivado», es decir, ha entrado en el estado de ensoñación.

En el capítulo anterior indicaba que un aspecto primordial del estado de ensoñación podía ser la liberación, durante la noche, de procesos del complejo R fuertemente reprimidos por el neocórtex durante el día. Pero dije también que el notable contenido simbólico de los sueños acreditaba una ostensible participación neocortical a pesar de las marcadas dificultades que señalaban con frecuencia los individuos investigados para leer, escribir y formular operaciones aritméticas y evocaciones verbales en sueños.

Además del contenido simbólico de los sueños, hay en la filigrana de la ensoñación otros aspectos que señalan la intervención del neocórtex. Por ejemplo, muchas veces he tenido sueños en los que el desenlace o «sorprendente final de la trama» sólo era posible gracias a cierto número de indicios en apariencia banales e insertos con mucha anterioridad en el contenido del sueño. No me cabe duda de que al iniciarse éste, la trama completa del sueño estaba ya presente en mi mente. (Digamos de pasada que, según ha demostrado Dement, el tiempo de ejecución requerido por los sucesos del sueño corresponde aproximadamente a la duración que tienen en la realidad.) En tanto que muchas ensoñaciones se desarrollan improvisadamente, otras responden a una perfecta estructura argumental, y en este sentido se asemejan en gran manera al desarrollo de una pieza escénica.

Hoy se acepta la sugestiva posibilidad de que el hemisferio izquierdo del neocórtex no actúa durante el estado de ensoñación, en tanto que el hemisferio derecho —muy familiarizado con todo lo que sean símbolos, pero carente de una fluida expresión verbal— funciona sin dificultades. Bien puede ocurrir que el hemisferio izquierdo no quede del todo desactivado por la noche y que lleve a cabo tareas que lo hacen inaccesible a nuestro conocimiento. En tales momentos trabaja laboriosamente evacuando la información acumulada en el registro de la memoria efímera y determinando qué datos deben conservarse y ser transferidos a la memoria duradera.

A veces, pocas, llegan a nuestros oídos noticias fidedignas de complejos problemas intelectuales que han sido resueltos en estado de ensoñación. Tal vez el más conocido sea el sueño del químico alemán Friedrich Kekulé von Stradonitz. En 1865 la cuestión más acuciante e impenetrable dentro de la química orgánica estructural era determinar la naturaleza de la molécula del benceno. Partiendo de sus propiedades, se había llegado a deducir la estructura de diversas moléculas orgánicas simples, que en todos los casos resultó ser lineal, es decir, formada por cadenas de átomos dispuestos en sentido rectilíneo. Según cuenta el propio Kekulé, un día en que viajaba adormilado en un tranvía tirado por caballos tuvo como un sueño en el que aparecían tiras de átomos moviéndose al ritmo de una danza. De repente, la cola de la cadena de átomos se unió por sí sola a la cabeza y dibujó un círculo que giraba lentamente. Al despertar y recordar lo que había soñado, Kekulé se dio cuenta instantáneamente de que la solución al problema del benceno era un anillo hexagonal de átomos de carbono y no una cadena rectilínea. Obsérvese, no obstante, que nos hallamos ante un caso de identificación de formas y no de una actividad analítica, rasgo característico de casi todas las inspiraciones científicas notables surgidas en estado de ensoñación. Los actos creativos son obra del hemisferio derecho y no del izquierdo.

El psicoanalista norteamericano Erich Fromm ha escrito: «¿No es lógico suponer que al hallarnos desconectados de nuestro mundo exterior retornemos temporalmente a un estado mental primitivo, irracional como el de los animales? Mucho puede decirse en favor de esta presunción y muchos son los estudiosos de los sueños, desde Platón a Freud, que han sostenido la teoría de que esta regresión es el rasgo esencial del reposo nocturno, y, por ello mismo, de la actividad de ensoñación». Fromm prosigue diciendo que a veces, durante el estado de ensoñación, tenemos percepciones que escapan a nuestra mente estando despiertos. Por mi parte, creo que estas percepciones tienen siempre un carácter intuitivo o responden a un proceso de identificación de configuraciones. El aspecto «de similitud con los animales» del estado de ensoñación puede interpretarse como una función conjugada del complejo R y del sistema límbico, y la percepción intuitiva ocasionalmente iluminadora, como una actividad del hemisferio derecho del neocórtex. Ello es así porque en uno y otro caso se han sofocado en buena medida las funciones represivas del hemisferio izquierdo. Fromm llama a estas percepciones del hemisferio izquierdo «el lenguaje olvidado», y arguye con fundamento que constituyen el origen común de los sueños, de los relatos fantásticos y de los mitos.

A veces, mientras soñamos, tenemos la clara sensación de que una parte de nosotros permanece observando la escena plácidamente, de que con frecuencia hay en el trasfondo del sueño una especie de observador. Es esta parte de nuestra mente, que actúa de «centinela» —en ocasiones en mitad de una pesadilla—, la que nos dice: «No es más que un sueño». Es precisamente ese observador el que aprecia la unidad dramática de un sueño con una trama perfectamente estructurada. Pero la mayor parte del tiempo el «centinela» permanece mudo. Muchos de los que fuman o ingieren drogas psicodélicas —marihuana y LSD, pongamos por caso— suelen señalar la presencia de este «centinela». Las experiencias con LSD pueden ser pavorosas, y varios comunicantes me han asegurado que en el caso del LSD la diferencia entre la cordura y la insania depende por completo de la presencia continuada de este «centinela», una pequeña y silenciosa porción de la mente en estado consciente.

Uno de mis informantes me contó una vez que mientras fuma ba marihuana reparó en la presencia y, cosa rara, en la «foraneidad», de este silencioso «centinela» que responde con interés, y a veces con palabras de censura, a la caleidoscópica y rica filigrana de ensoñaciones que experimenta el fumador de marihuana, pero sin formar parte de aquéllas. «¿Quién eres?», preguntó mi informante en silencio, dirigiéndose al observador; «¿Quién pregunta?», contestó éste, como si se tratara de una enseñanza moral sufista o zen. Sin embargo, la pregunta formulada por mi informante tiene su miga. Yo me atrevería a indicar que el pretendido observador es un reflejo de las facultades críticas asentadas en el hemisferio izquierdo, y que si bien se manifiesta con mucha más intensidad en las fantasías psicodélicas que en los sueños, está presente hasta cierto punto en ambos. Sin embargo, la primitiva réplica del observador al interpelante —«¿Quién pregunta?»— sigue sin hallar respuesta. Tal vez se trate de otro componente del hemisferio cerebral izquierdo.

Los lóbulos temporales de los hemisferios izquierdo y derecho del hombre y de los chimpancés presentan una asimetría; una parte del lóbulo izquierdo está notablemente más desarrollada que el resto de la zona. Esta asimetría es congénita (apreciable ya en la vigesimonovena semana del embarazo), lo que sugiere una marca de predisposición genética al control del habla por parte del lóbulo temporal izquierdo. (Sin embargo, los niños que padecen lesiones en dicho lóbulo pueden, en el primero y segundo año de vida, transferir sin menoscabo todas las funciones del habla a la porción equivalente del hemisferio derecho. En una edad más avanzada, esta sustitución de funciones es imposible.) Por otro lado, se observa en los niños de corta edad una lateralización de la conducta. El oído derecho capta mejor la palabra viva, y el izquierdo aquello que no se expresa oralmente, constante que se da también en el adulto. Asimismo, por término medio, los niños de corta edad suelen dedicar más tiempo a contemplar los objetos situados a su derecha que los mismos objetos colocados a su izquierda. Asimismo, para obtener una respuesta precisamos elevar más la voz si le hablamos al oído izquierdo que si lo hacemos al derecho. Si bien hasta el momento no se ha detectado esta ni parecida asimetría en el cerebro o en la conducta de los simios, los resultados obtenidos por Dewson (véanse páginas

120-122) sugieren que en los primates superiores se da, probablemente, un cierto grado de lateralización, en tanto que los lóbulos del mono común (*Rhesus*) no presentan vestigio alguno de asimetría. Uno se siente inclinado a pensar que, como en el hombre, las facultades lingüísticas del chimpancé se regulan en el lóbulo temporal izquierdo.

Según parece, el reducido inventario de gritos de carácter sim bólico que utilizan los primates no humanos se gobierna desde el sistema límbico; prácticamente todo el repertorio vocal de la ardilla o del mono común puede ser evocado por estimulación eléctrica del sistema límbico. El habla humana se regula en el neocórtex. De ahí se infiere que uno de los pasos esenciales en la evolución del hombre debió ser el trasvase del control del habla desde el sistema límbico a los lóbulos temporales del neocórtex, transición de la comunicación a través del instinto a la comunicación por conducto de un proceso analítico. Con todo, la notable capacidad de los simios para acrecentar su repertorio gestual, así como los indicios de lateralización detectados en el cerebro del chimpancé, denotan que la adquisición voluntaria de un lenguaje simbólico por parte de los primates no es una innovación moderna, sino que, antes bien, se remonta a muchos millones de años atrás, en sincronía con los indicios que aporta el examen de los moldes de la cara interna de los cráneos fósiles sobre la existencia del área de Broca en los especímenes de *Homo habilis*.

Las lesiones que sufre el cerebro del mono, concretamente las partes que regulan el habla en el hombre, no menoscaban las vocalizaciones instintivas de estos animales. Por todo ello parece lógico concluir que el surgimiento del lenguaje humano presupone la formación de un conglomerado cerebral enteramente nuevo más que un mero reajuste de los dispositivos del sistema límbico que generan los gritos y llamadas. Algunos expertos en el tema de la evolución humana han manifestado que el lenguaje apareció en una fase tardía —puede que en las últimas decenas de millones de años— como respuesta a las exigencias del último periodo glacial. Sin embargo, la información de que disponemos no parece abonar esta teoría. Por otra parte, los centros del habla en el cerebro humano revisten tal complejidad que resulta difícil imaginar cuál haya sido su evolución a lo largo de los miles de generaciones que probablemente se han sucedido desde el periodo culminante de la última glaciación.

Los indicios de que disponemos parecen indicar que los antepasados del hombre en la Tierra hace varias decenas de millones de años poseían un neocórtex, con la salvedad de que los hemisferios derecho e izquierdo llevaban a cabo funciones comparables y redundantes. Desde entonces, la postura erecta, el uso de herramientas y el lenguaje han sido factores que se han dado impulso mutuo. Así, un pequeño progreso en la facultad de expresión oral se traducía en una mejora progresiva de las hachas de mano, y a la inversa. Parece que el correspondiente proceso de cerebración se ha producido previa especialización de uno de los dos hemisferios en el pensamiento analítico.

Dicho sea de paso, la primitiva redundancia o duplicación funcional ha sido aplicada con sutileza al diseño de computadores. Así, los técnicos que proyectaron la memoria electrónica a bordo del módulo de descenso (*lander*) del *Viking*, sin tener idea de la neuroanatomía de la corteza cerebral, acoplaron dos computadores iguales y programados exactamente del mismo modo. Sin embargo, en razón a su complejidad, no tardaron en emerger las diferencias entre uno y otro. Antes de que tuviera lugar la toma de contacto con la superficie de Marte, los computadores fueron sometidos desde la Tierra a un test de inteligencia (para ello se utilizó un computador mejor «dotado»). Después del mismo, se procedió a inutilizar al ordenador con un coeficiente más bajo. Pues bien, tal vez el proceso evolutivo del hombre haya discurrido por cauces similares y nuestras tan preciadas facultades analíticas se hallen localizadas en el «otro» cerebro, aquel no del todo competente en la generación de pensamiento intuitivo. La evolución se vale a menudo de esta estrategia. En todo caso, la práctica evolutiva normal de incrementar la cantidad de información genética a medida que los organismos ganan en complejidad, se manifiesta en la duplicación de parte del material genético, dejando que proceda luego la lenta especialización de funciones de los componentes redundantes.

Casi todas las lenguas muestran una polaridad, una marcada preferencia por todo lo relacionado con el costado derecho. El término «derecho» se equipara a la legalidad, conducta correcta, elevados principios morales, energía y masculinidad, mientras que la palabra «izquierda» es sinónimo de cobardía, debilidad, objetivos turbios, malevolencia y femineidad. En inglés, por ejemplo, abundan los términos relacionados con *right*, como *rectitude* (rectitud, corrección, prioridad), *rectify* (rectificar, enderezar, enmenar), *righteous* (recto, probo, virtuoso, honrado, justo), *right-hand man* (ser el brazo derecho de alguien), *dexterity* (destreza, maña, habilidad), *adroit* (diestro, hábil, listo; voz derivada del francés *à droite*), *rights* (derechos, como en «derechos del hombre») y la expresión *to be in his right mind* (estar en sus cabales o en su sano juicio). Incluso el vocablo *ambidextrous*, significa, apurando el sentido, dos manos derechas.

En el otro lado, y en sentido literal, tenemos el término *sinister* (casi la misma palabra latina que traduce «izquierda», aunque con significado primordial de siniestro, funesto, aciago), *gauche* (torpe, desmañado, que en francés significa exactamente «izquierda»), *gawky* (desgarbado, desmañado, torpe), *gawk* (palurdo, bobo) y *left-handed compliment* (falso halago). En ruso, la palabra «izquierda» se traduce por *na lev o*, que además significa «furtivo», «subrepticio» o «clan destino»; en italiano, *mañana*, uno de los vocablos que significa izquierda, significa también «engñoso», «falso», «falaz». Tampoco hablamos de una «Declaración de izquierdos» en el sentido con que aludimos a una «Declaración de derechos».

Según una versión etimológica, *left* derivaría de *lygt*, término anglosajón que significa «débil», «endeble», «enclenque», «enfermizo», y también «sin valor», «inútil», «inservible». *Right* en sentido legal, como un acto concorde con las normas sociales (legítimo, justo), y *right* en un sentido lógico, como contrapuesto a erróneo (exacto, acertado, correcto), son también dos acepciones harto comunes en muchas lenguas. El empleo que en política se hace de los términos «derechas» e «izquierdas» parece remontarse al momento histórico en que surge una fuerza política popular como contrapeso al estamento nobiliario. Los nobles se situaban a la derecha del rey y los advenedizos del otro extremo —los capitalistas— a su izquierda. Los nobles se situaban a la derecha del monarca porque éste, a su vez, era el noble más encumbrado y porque su lado derecho era la posición de privilegio. En la teología ocurre lo que en política,



como evidencia la frase: «A la derecha de Dios Padre».

Podría aducirse multitud de ejemplos que demuestran la existencia de un nexo entre *right* y *straight* (derecho, recto, seguido).

Me pregunto si tendrá algún relieve el hecho de que, por ejemplo, el latín, el alemán y las lenguas eslavas se escriban de izquierda a derecha. Los habitantes de la antigua Grecia escribían en bustrófedon («imitando los surcos del arado», es decir, de derecha a izquierda, con el siguiente renglón de izquierda a derecha).

En el español hablado en México no se dice «todo seguido» (*straight ahead*) sino «todo derecho» o «siempre recto» (*right right*). Los negros norteamericanos usan del *right on* (adelante) para significar aprobación, a menudo en conexión con sentimientos de exaltación o apasionamiento por una idea. En la actualidad, dentro del inglés coloquial, el término *straight* se emplea con el significado de «con vengional», «correcto» o «apropiado». En ruso, *right* (derecho, recto, correcto, etc.) se traduce por *pravo*, palabra emparentada con *pravda* que significa «auténtico», «verdadero» (*true*). En muchos idiomas la palabra *true* tiene una segunda acepción como «certero», «preciso». Así, se dice en inglés: *his aim was true* (tenía buena puntería).

El test Stanford-Binet, que mide el coeficiente intelectual de un individuo, trata hasta cierto punto de calibrar la función tanto del hemisferio derecho como del izquierdo. Para determinar el valor de las funciones del hemisferio derecho en algunos tests, se pide al sujeto que adivine la figura que resulta de desplegar una hoja de papel que ha sido doblada varias veces y recortada con unas tijeras, o bien se le pide que calcule a ojo el número de unidades que integran un montón de piezas de madera, algunas de las cuales están ocultas a la vista. Aunque los creadores del test Stanford-Binet consideran que estas cuestiones de concepción espacial son muy útiles para determinar la «inteligencia» de los niños, parece que su valor disminuye progresivamente cuando se trata de fijar el coeficiente intelectual de adolescentes y adultos. Desde luego, en estas evaluaciones es escaso el margen que se reserva al calibrado de los elementos intuitivos. Tampoco nos sorprende que los tests de inteligencia se polaricen marcadamente hacia el hemisferio izquierdo.

La intensidad de los prejuicios en favor del hemisferio izquierdo y de la mano derecha se me antoja una especie de guerra en la que el bando que ha vencido por estrecho margen rebautiza las partes contendientes y los temas más candentes de la vida nacional de forma que las generaciones futuras no vacilen un solo instante a la hora de decidir dónde radica la lealtad bien entendida. Cuando el partido de Lenin no era más que un grupúsculo en el panorama político de su país, él lo llamó «partido bolchevique», que en ruso significa «partido de la mayoría». La oposición, dócilmente y dando pruebas de soberana estupidez, aceptó para sí la denominación de mencheviques o «partido de la minoría», y en el lapso de un decenio llegó a ser, efectivamente, minoritario. Asimismo, en las asociaciones que por doquier suscitan los términos «derecha» e «izquierda» apunta un rencoroso antagonismo que tuvo su origen en los albores de la historia de la humanidad.

Otro par de vocablos antitéticos del habla humana —los términos «blanco» (*white*) y «negro» (*black*)— revelan un conjunto muy diferente de circunstancias. Pese a las expresiones del tipo «tan dispares como el blanco y el negro», ambas palabras —*black and white*— parecen tener un mismo origen. El término *black* proviene de la voz anglosajona *blæce*, y el vocablo *white*, del anglosajón *blac*, que todavía está en vigor en las voces emparentadas *blanch*, *blank* *bleak* y en el francés *blanc*. Uno y otro término tienen como rasgo principal la ausencia de color, y el empleo de la misma palabra para ambas voces se me antoja una muy sutil intuición por parte del lexicógrafo del rey Arturo.

En el combate con armas de filo, es decir, capaces de cercenar un miembro o de traspasar un órgano —y también en deportes tales como el boxeo, el béisbol y el tenis—, un contendiente acostumbrado al uso de la mano derecha se encontrará en desventaja si se enfrenta inopinadamente con un adversario zurdo. Asimismo, un esgrimista malintencionado que maneja el florete con la izquierda puede tocar con facilidad a su oponente porque mantiene la mano derecha levantada en un gesto en apariencia amigable y conciliador. Sin embargo, no creemos que esta serie de circunstancias justifiquen ni expliquen el profundo rechazo de que es objeto la mano izquierda, ni tampoco la amplitud del chovinismo derechista entre muchas mujeres, tradicionales enemigas de la violencia. Quizás un atisbo de explicación, aunque remoto, tenga que ver con la carencia de papel higiénico en las sociedades preindustriales. Durante buena parte de nuestra historia pasada, y también hoy, en muchas partes del mundo después de excrementar se utiliza la mano izquierda para la higiene personal, un hecho perfectamente normal y generalizado en las culturas pretecnológicas. De ello no se desprende que los que siguen esta costumbre se complazcan en ella. No sólo resulta vulgar desde un punto de vista estético, sino que se corre el riesgo de contraer graves infecciones y de contagiar también a los demás. La precaución más elemental es la de saludar y comer con la otra mano. En las sociedades pretecnológicas la mano izquierda se utilizaba casi sin excepción para los susodichos menesteres higiénicos, y la derecha para el saludo y la ingestión de alimentos. El quebrantamiento ocasional de esta convención social se miraba —cosa comprensible— con verdadero horror y, así, los niños que contravenían la norma acuñada respecto al recto uso de las manos eran severamente castigados. En los países occidentales son muchas las personas de edad que todavía recuerdan las rígidas prohibiciones que limitaban el uso de la mano izquierda, aunque sólo fuera para coger un objeto. Pienso que esta explicación puede servir para aclarar el porqué de la virulencia contra todo lo que guarde relación con la «izquierda», así como la autocomplaciente ampulosidad de que se dota, a modo de mecanismo defensivo, a todo lo vinculado con la «derecha», actitud generalizada en una sociedad donde la mayoría de sus componentes se valen de la mano diestra.

Dos australopitecos robustos. Es posible que la mayoría de estos animales fueran predominantemente diestros, así como también el *astrolopitecus* grácil.

Con todo, la explicación no aclara por qué inicialmente se prefirió la mano derecha a la izquierda para el desempeño de estas funciones concretas. Cubría argüir que, estadísticamente, hay una probabilidad sobre dos de que las funciones higiénicas sean relegadas a la mano izquierda. Pero en tal caso parece obligado inferir que una sociedad de cada dos debería mostrar una actitud ponderada hacia todo lo que guarde relación con la izquierda, y, sin embargo, este tipo de sociedades parecen ser, de hecho, inexistentes. En una sociedad donde la mayoría de la gente utiliza la mano derecha, las tareas que exigen cierta precisión, como la ingestión de alimentos o el manejo de un arma en combate, se encomendarían a la mano favorita, y, por exclusión, las funciones de tipo higiénico se abandonarían a la mano zurda. Sin embargo, ello tampoco explica por qué la sociedad se decanta por el uso de la mano derecha. En su más estricto sentido, hay que buscar la explicación en otra parte.

No existe una relación directa entre la mano que uno prefiere utilizar para la mayoría de las tareas y el hemisferio cerebral que regula el habla, lo que no impide que buen número de los que utilizan la mano izquierda puedan tener los centros de expresión oral en el hemisferio izquierdo, extremo este muy controvertido. Sin embargo, se estima que la predisposición al uso de una mano determinada tiene que ver con la lateralización cerebral. Existen indicios de que los zurdos experimentan más dificultades que los que utilizan la derecha en ciertas funciones privativas del hemisferio izquierdo, tales como la lectura, la escritura, el habla y la realización de operaciones aritméticas. Por el contrario, suelen mostrar mayor aptitud en lo que concierne a determinadas funciones del hemisferio derecho, como la imaginación, el reconocimiento de configuraciones y la creatividad en sentido genérico.

Según parece, los únicos presidentes zurdos que ha tenido Estados Unidos han sido Harry Truman y Gerald Ford. No estoy seguro de si ello se corresponde o no con la (débil) correlación que se ha querido ver entre la predisposición al uso de una determinada mano y la función hemisférica. Tal vez sea Leonardo da Vinci el ejemplo más preclaro de genio creativo entre los zurdos.

Algunos indicios sugieren que tal vez se da en el ser humano una polarización de *índole genética* que predispone al uso de la mano derecha. Así, el número de cordoncillos que se observan en las huellas digitales de los fetos durante el tercero y cuarto mes del embarazo es mayor en la mano derecha que en la izquierda, y esta preponderancia persiste a lo largo de la vida intrauterina y en la fase posnatal.

Se ha podido obtener información sobre la tendencia en el uso de las manos por parte de los australopitecos mediante el análisis de cráneos fósiles de babuinos que fueron fracturados con palos de hueso o con garrotes por estos primeros parientes del hombre. Raymond Dart, descubridor de los fósiles de australopitecos, llegó a la conclusión de que alrededor del 20 por 100 de ellos utilizaban la mano izquierda, porcentaje que se corresponde, poco más o menos, con el que se observa en el hombre actual. Por el contrario, mientras que otras especies animales suelen mostrar preferencia por una u otra pata, los australopitecos no se decantan específicamente ni por la derecha ni por la izquierda.

Por lo que atañe al hombre, la diferenciación en el uso de la mano se remonta a un pasado muy lejano. Me pregunto si esta polaridad entre palabras etimológicamente relacionadas con las voces «derecha» e «izquierda» no es reflejo de la pugna entre lo racional y lo intuitivo, entre uno y otro hemisferio. El hemisferio verbal es el que controla el lado derecho, y aunque tal vez no posea tanta sutileza como el izquierdo, sí tiene, ciertamente, mejor prensa. El hemisferio izquierdo, se muestra muy a la defensiva, por no decir extrañamente inseguro, en su relación con el hemisferio derecho, y si ello es así sospechamos que el criticismo verbal del pensamiento intuitivo se asienta en dudosas motivaciones. Por desdicha, todo induce a pensar que también el hemisferio derecho se muestra igualmente receloso hacia el izquierdo, recelos que, por supuesto, no expresa por la vía verbal.

Admitiendo la validez de ambos métodos de pensamiento, el del hemisferio izquierdo y el del hemisferio derecho, debemos preguntarnos si resultan igualmente eficaces y útiles ante un cambio de circunstancias. No cabe duda de que el pensamiento intuitivo propio del hemisferio derecho es capaz de percibir configuraciones y nexos demasiado complejos para el hemisferio izquierdo, pero también puede detectar configuraciones donde no las hay. El pensamiento crítico y escéptico no es un rasgo distintivo del hemisferio derecho, y puede resultar que las teorías elaboradas exclusivamente por él, particularmente en circunstancias nuevas y difíciles, sean erróneas o paranoides.

En una serie de experimentos llevados a cabo recientemente por Stuart Dimond, psicólogo del Colegio Universitario de Cardiff (Gales), se emplearon lentes de contacto especiales para proyectar películas a uno u otro hemisferio por separado. No hace falta decir que en un individuo normal la información recogida por un hemisferio se transmite al otro por conducto del cuerpo calloso. Los sujetos sometidos a experimentación tuvieron que clasificar diversas películas atendiendo al contenido emocional. Con ello se demostró que el hemisferio derecho tiene una tendencia manifiesta a ver el lado hostil, desagradable y hasta repelente de la vida. Los psicólogos de Cardiff descubrieron también que estando ambos hemisferios en actividad, nuestras respuestas emocionales se asemejan en gran manera a las que ofrece el hemisferio izquierdo aisladamente. Parece que en la vida cotidiana el negativismo del hemisferio derecho se ve fuertemente compensado por el hemisferio izquierdo, que tiende a ver la vida de forma más despreocupada. De todos modos, una oscura y sospechosa inflexión emotiva parece ocultarse en

el hemisferio derecho, lo que podría explicar hasta cierto punto el repudio que la parte de nuestra individualidad contenida en el hemisferio izquierdo manifiesta hacia la «siniestra» condición atribuida a la mano izquierda y al hemisferio derecho.

Un paranoico puede llegar a pensar que existe una conspiración en su contra, o sea, que vislumbra ocultas y malévolas intenciones en sus amigos, socios o en el propio gobierno, cuando en realidad dicha actitud antagónica es inexistente. Si realmente hubiera conspiración, el sujeto tal vez se mostraría angustiado en extremo, pero no por ello podría ser tachado de paranoico. A este respecto la historia nos presenta el caso de James Forrestal, primer secretario de Defensa de los Estados Unidos. Concluida la segunda guerra mundial, Forrestal tenía el convencimiento de que agentes secretos israelíes le seguían a todas partes. Los médicos, convencidos de lo absurdo de esta fijación, le declararon paranoico y le confinaron en la planta superior del hospital militar Walter Reed. Un buen día se arrojó al vacío y encontró la muerte, en parte debido a la inadecuada vigilancia del personal médico que le atendía, excesivamente respetuoso con uno de sus más prominentes conciudadanos. Más tarde se supo que, en efecto, Forrestal estaba sometido a vigilancia por agentes israelíes, a quienes preocupaba que el secretario de Estado pudiera suscribir un acuerdo secreto con los representantes de los países árabes. Aun cuando Forrestal estaba mentalmente enfermo, es indudable que la diagnosis de paranoia no contribuyó a mejorar su condición.

En épocas de rápida transformación social aumenta el número de conspiraciones, tanto por parte de los que desean impulsar el cambio como por los defensores del *statu quo* (más por parte de los últimos que de los primeros, al menos en la historia política norteamericana de los últimos años). Creer en la existencia de una conspiración cuando no la hay es un síntoma de paranoia; detectarla cuando existe realmente es prueba de salud mental. Un amigo mío suele decir: «Hoy, en Estados Unidos, si no estás un poco paranoico es que andas mal de la cabeza». Esta observación tiene valor universal.

Es imposible determinar si las configuraciones detectadas por el hemisferio derecho son reales o imaginarias sin someterlas al escrutinio del hemisferio izquierdo. De otro lado, el pensamiento meramente crítico, sin percepciones creativas e intuitivas, sin la búsqueda de nuevas pautas, es completamente estéril y está condenado al fracaso. Para poder resolver problemas complejos en circunstancias cambiantes es preciso la actividad conjunta de los dos hemisferios cerebrales. La senda hacia el futuro pasa por el cuerpo calloso.

Uno entre los muchos ejemplos de comportamiento diferenciado, producto de unas funciones cognoscitivas que también lo están, es la reacción normal ante la vista de la sangre. Muchos de nosotros nos sentimos afectados de alguna manera viendo a una persona sangrar copiosamente, e incluso los hay que pierden el conocimiento. Creo que la razón está muy clara. A lo largo del tiempo, hemos asociado nuestra propia pérdida de sangre con el dolor, el daño y la violación de nuestra integridad corporal, de aquí que nos sintamos condolidos o afectados al ver sangrar a otra persona. Nos hacemos solidarios de su dolor. Probablemente este sea el motivo de que en muchas sociedades humanas el color rojo se utilice para indicar peligro o en las señales de *stop*.

O dirección hacia abajo, como en las luces del tablero indicador de los ascensores. Nuestros antepasados arbóreos tenían que andar con sumo cuidado en eso del descenso.

(Si el pigmento portador de oxígeno que tenemos en la sangre fuera de color verde —cosa no imposible desde el punto de vista bioquímico— todos consideraríamos que el verde es un indicador natural de peligro y nos sonreiríamos ante la idea de utilizar el rojo.) Por otra parte, el médico reacciona de muy distinta manera a la vista de la sangre y se pregunta cuál es el órgano dañado, si hay hemorragia, si la sangre que fluye es venosa o arterial y si conviene o no aplicar un torniquete. Son estas funciones analíticas que competen al hemisferio izquierdo y que requieren procesos cognitivos analíticos más complejos que la mera asociación de la sangre con el dolor, y, por supuesto, de valor mucho más práctico. Si yo sufriera algún daño, preferiría tener a mi lado un médico competente al que una larga experiencia ha familiarizado con la vista de la sangre que estar en compañía de un amigo que siente en el alma lo ocurrido pero que sufre un desmayo viendo cómo me desangro. No cabe duda de que este último tendrá poderosas motivaciones para no causar daño a otra persona, pero será el médico quien preste ayuda eficaz en caso de que sobrevenga el daño. En una especie animal idealmente estructurada, estas diferentes actitudes coincidirían simultáneamente en un solo individuo, como de hecho sucede con muchos de nosotros. Por más que uno y otro modo de pensamiento posean un grado muy diverso de complejidad, tienen un valor complementario de cara a la supervivencia.

Un ejemplo característico de la resistencia que a veces opone el pensamiento intuitivo a las netas conclusiones del pensamiento analítico lo tenemos en la opinión de H. Lawrence sobre la naturaleza de la Luna: «Me da lo mismo que me digan que la Luna es una roca inerte en el firmamento. Yo sé *positivamente* que no lo es». Por supuesto, la Luna es más que una roca inerte en el firmamento. Es hermosa, tiene connotaciones románticas, es causa de mareas y hasta puede que, en última instancia, sea el factor que condiciona el ciclo menstrual de la mujer. Pero es innegable que uno de sus rasgos es, precisamente, el ser una roca inerte en el cielo. El pensamiento intuitivo se desenvuelve a sus anchas en los dominios en los que hemos tenido experiencia personal de tipo evolucionista, pero en parcelas tan nuevas como la determinación de la naturaleza de los objetos celestes más cercanos a la Tierra, el razonamiento intuitivo debe mostrarse más cauto en sus aserciones y dispuesto a acomodarse a las percepciones que el pensamiento racional arrebató a la naturaleza. Por la misma razón, los procesos del pensamiento racional no constituyen fines en sí mismos, sino que deben entenderse en el contexto más amplio del bienestar humano. La naturaleza y la orientación del empeño racional y analítico deberían estar determinados en buena parte por las implicaciones humanas fundamentales tal como nos son reveladas por el conocimiento intuitivo.

En cierto modo, la ciencia puede ser definida como el pensamiento paranoico aplicado a la naturaleza. En efecto, andamos a la búsqueda de conspiraciones naturales, de nexos entre hechos aparentemente dispares. Nuestro objetivo no

es otro que abstraer configuraciones o modelos de la naturaleza (pensamiento del hemisferio derecho), pero muchas de las pautas propuestas no se corresponden en la práctica con la realidad de estos hechos. De aquí la conveniencia de someter todos los criterios avanzados al cedazo del análisis crítico (pensamiento del hemisferio izquierdo). La búsqueda de configuraciones sin análisis crítico y la ostentación de un rígido escepticismo sin la búsqueda de configuraciones son las antípodas de una ciencia incompleta. La búsqueda efectiva del saber requiere la concurrencia de ambas funciones.

En la actualidad, el cálculo matemático, la física newtoniana y la óptica geométrica —todos ellos inferidos de argumentos esencialmente geométricos— se enseñan y demuestran en gran parte en base a razonamientos analíticos; el hemisferio derecho interviene más en el aspecto creativo de la física y de la matemática que en la enseñanza de dichas disciplinas. Lo mismo ocurre hoy en el terreno de las grandes formulaciones científicas, generalmente intuitivas y expuestas en los artículos científicos, también por norma, mediante argumentos analíticos lineales. Nada anómalo hay en ello. Por el contrario, así es como debe ser. Los actos creativos son en buena medida resultado de los componentes del hemisferio derecho, pero los razonamientos sobre la validez del resultado son, primordialmente, funciones del hemisferio izquierdo.

Una de las más formidables intuiciones de Albert Einstein, de capital importancia para la teoría de la relatividad general, fue la de que la gravitación podía ser entendida asignando el valor cero al tensor contraído de Riemann-Christoffel. Pero este argumento sólo fue aceptado porque era posible determinar con detalle las consecuencias matemáticas de la ecuación, ver si sus predicciones diferían de las de la gravitación newtoniana y recurrir luego a la experimentación para observar de qué lado se inclinaba la naturaleza. En tres notables experimentos —la desviación de la luz estelar en las proximidades del sol; el movimiento de la órbita de Mercurio, el planeta más cercano al astro; el corrimiento hacia el rojo (*red shift*) de las líneas espectrales por acción de un intenso campo gravitatorio estelar—, la naturaleza se inclinó a favor de las teorías de Einstein. Pero de no haber mediado estos ensayos experimentales muy pocos físicos hubiesen dado por buena la teoría de la relatividad general. Existen en el campo de la física numerosas hipótesis de valor y nivel intelectual comparables a las formuladas por Einstein que han sido rechazadas porque no consiguieron salir airoso de la confrontación con la vía experimental. Por mi parte, creo que la condición humana se vería muy beneficiada si esta pugna y afán de poner a prueba las hipótesis científicas y de otro género fuera una constante de nuestra vida social, política, económica, religiosa y cultural.

No sé de ningún progreso científico notable que no requiera un gran acopio de datos de ambos hemisferios cerebrales. No puede decirse otro tanto del arte, campo en el que, manifiestamente, ningún observador, por capacitado, entregado y objetivo que sea, puede llevar a cabo experimentos que determinen a satisfacción de todos qué muestras artísticas deben ser consideradas como obras maestras. Entre los centenares de ejemplos que se podrían aducir, cabe resaltar que los más destacados críticos, revistas y museos de arte de finales del siglo XIX y primeros del XX rechazaron de plano la corriente impresionista francesa. Pues bien, hoy estas mismas instituciones consideran a los artistas de esta tendencia auténticos maestros de la pintura. Tal vez dentro de un siglo el péndulo vuelva a oscilar hacia el otro lado.

Este mismo libro, del que soy autor, viene a ser un ejercicio de reconocimiento de configuraciones, de modelos, una tentativa para llegar a una mínima comprensión de la naturaleza y evolución del intelecto humano a partir de los indicios que proporcionan una amplia variedad de disciplinas científicas y mitos. En buena medida es obra del hemisferio derecho, y durante su elaboración me he despertado muchas veces en mitad de la noche, o de madrugada, desasosegado por el júbilo contenido de una intuición que me había venido a la mente. Pero la autenticidad de estas intuiciones —y confío en que muchas de ellas exijan una revisión sustancial— dependerá de la eficiencia con que haya trabajado mi hemisferio *izquierdo* (y, tam bién, de si he mantenido determinadas formulaciones, por cuanto ignoro las pruebas que las contradicen). En el curso de la redacción de este libro me he visto frecuentemente sorprendido al constatar su carácter de metaejemplo, en el sentido de que tanto su concepción como su ejecución ilustran el tema de que trata.

En el siglo xvii la relación entre cantidades matemáticas podía expresarse de dos maneras: mediante una ecuación algebraica o trazando una curva. Rene Descartes demostró la identidad formal de estas dos estimaciones del mundo matemático al inventar la geometría analítica, que permite la representación gráfica de las ecuaciones algebraicas. (Digamos de paso que Descartes era, también, un anatomista interesado en la localización de las funciones del cerebro.) En la actualidad, la geometría analítica es una asignatura que se estudia en el bachillerato, pero en la época de referencia supuso una brillante aportación. Sin embargo, una ecuación algebraica es una construcción prototípica del hemisferio izquierdo, en tanto que una curva geométrica regular, es decir, la resultante gráfica obtenida mediante la unión de diversos puntos en el espacio, es una elaboración característica del hemisferio derecho. En cierto sentido, cabe afirmar que la geometría analítica es el cuerpo calloso de las matemáticas. En la actualidad observamos que gran número de teorizaciones, o bien se muestran antagónicas, o bien acusan una evidente falta de interacción. En algunas importantes instancias suponen un enfrentamiento entre consideraciones o perspectivas del hemisferio izquierdo y del hemisferio derecho. Una vez más se echa desesperadamente en falta un nexo que, como en el caso de Descartes, relacione teorías en apariencia inconexas o antitéticas.

Pienso que las actividades creativas más notables surgidas en nuestra cultura o en cualquier otra cultura humana anterior —códigos legales y éticos, arte y música, ciencia y técnica— fueron posibles merced a la acción conjunta de los hemisferios cerebrales derecho e izquierdo. Esos actos creativos, aun cuando se produzcan raras veces o correspondan sólo al empeño de unos pocos, han contribuido a transformar el hombre y el mundo. Bien podría decirse que la cultura humana es la función por excelencia del cuerpo calloso.

## La evolución futura del cerebro

La peligrosidad es cosa del futuro ... Los más notables avances de la civilización son procesos que casi aniquilan a las sociedades en cuyo seno se producen.

ALFRED NORTH WHITEHEAD, *Adventures in ideas*

La voz del intelecto es callada, pero no cesa hasta con quistar una audiencia y, en última instancia, después de interminables repudios, consigue su objetivo. Es este uno de los pocos aspectos en los que cabe un cierto optimismo sobre el futuro de la humanidad.

SIGMUND FREUD, *El futuro de una ilusión*

La mente del hombre es capaz de todo, porque todo está contenido en ella, tanto el pasado como el futuro.

JOSEPH CONRAD, *Heart of Darkness*

**E**l cerebro humano parece hallarse en una fase de inestable tregua, con esporádicas escaramuzas y raros combates.

La existencia de componentes cerebrales con predisposición hacia un tipo de conducta no es una invitación al fatalismo ni a la angustia, puesto que ejercemos un control sustancial sobre el grado de intervención de cada uno de estos componentes. La anatomía no es determinismo, pero tampoco un factor irrelevante. Hay por lo menos algunas enfermedades mentales que pueden interpretarse en base a la existencia de un conflicto entre las partes neurales concurrentes. La mutua represión entre los componentes cerebrales se pola riza en múltiples direcciones. Hemos mencionado ya la represión que ejercen el sistema límbico y el neocórtex sobre el complejo R, pero puede darse también a través de la propia comunidad social una represión del complejo R sobre el neocórtex y de un hemisferio cerebral sobre otro.

El hombre examinándose a sí mismo Ohra de Vesalio, madre de la anatomía moderna.

Por regla general, las sociedades humanas no son innovadoras, sino más bien jerárquicas y ritualistas. Cualquier sugerencia de cambio se acoge con recelo, ya que implica la incómoda transformación futura del ritual y la jerarquía imperantes, es decir, la sustitución de una serie de rituales por otra o, tal vez, por una sociedad menos estructurada y regida por un número inferior de rituales. Sin embargo, llega un momento en que es preciso que las sociedades cambien. «Los dogmas de un pasado tranquilo son insuficientes para un presente tumultuoso», aseveró Abraham Lincoln. Buena parte de las dificultades que surgen al intentar reestructurar las sociedades norteamericanas y de otros pueblos arrancan de la resistencia que oponen los grupos que tienen intereses creados en el *statu quo*. Es probable que una transformación profunda de la sociedad obligue a los que ocupan el pináculo de la jerarquía a descender muchos peldaños, lo cual les irrita y les mueve a ofrecer resistencia.

Sin embargo, se observa en la sociedad occidental algún cambio, incluso cambios de consideración, aunque a todas luces insuficientes. Pero en todo caso, las mutaciones son ahí más evidentes que en ninguna otra sociedad. En efecto, las culturas más arcaicas y estáticas se muestran mucho más reticentes ante cualquier transformación. En *The forest people* (Los habitantes de la selva), Colin Turnbull nos ofrece una conmovedora descripción de una muchacha pigmea tullida a la que unos antropólogos que visitaron la tribu proporcionaron lo que en aquel momento constituía una asombrosa innovación: un par de muletas. A pesar de que sirvieron para paliar en gran manera los sufrimientos de la muchachita, los adultos de la tribu, sin excluir a los padres, se mostraron indiferentes ante esta invención.

Quizá deba hacer notar, en defensa de los pigmeos, que un amigo mío que ha pasado tiempo entre ellos señala que en actividades tales como el paciente acecho y caza de mamíferos y peces el pigmeo se prepara intoxicándose con marihuana, que ayuda a soportar la larga espera, tediosa para cualquier especie más evolucionada que el dragón de Komodo. Según dice mi amigo, los nativos sólo cultivan la *cannabis sativa*. Sería irónicamente interesante que el cultivo de la marihuana a lo largo de la historia humana hubiera conducido como norma a la invención de la agricultura y, por esta vía, a la civilización. (Una parodia burlesca del pigmeo intoxicado con marihuana, apostado pacientemente en solitario durante una hora con la caña de pescar en la mano, podría ser la figura del cazador saturado de cerveza, camuflado protectoramente en un rojo tartán, que todos los años, al llegar el día de Acción de Gracias, merodea con paso tambaleante por los bosques aledaños a los barrios

Existen muchos otros ejemplos de desapego hacia todo lo nuevo en las sociedades de corte tradicional, y podrían abstraerse numerosos casos ilustrativos repasando las vidas de personajes como Leonardo, Galileo, Erasmo, Darwin o Freud.

Por regla general, el tradicionalismo que exhiben muchas sociedades estáticas tiene una misión adaptativa. Las formas culturales que rigen en ella se han desarrollado trabajosamente a lo largo de muchas generaciones, y se sabe que cumplen a satisfacción sus propósitos. Al igual que ocurre en las mutaciones, un cambio fortuito puede interferir esta dinámica. Pero también como aquéllas, los cambios son necesarios para conseguir la adaptación a nuevas circunstancias ambientales. La tensión entre estas dos tendencias puntea gran parte de las pugnas políticas de nuestra era. En las épocas caracterizadas por una rápida transformación del medio físico y social, como ocurre en nuestros días, la acomodación al cambio y la aceptación del mismo tienen un fin adaptativo, pero no así en las sociedades que habitan en un entorno estático. Las formas de vida de los pueblos cazadores-recolectores han sido de utilidad al hombre durante un largo periodo de nuestra historia, y creo que existen pruebas irrefutables de que en cierto sentido la evolución nos ha configurado para que nos desenvolvamos en una cultura de este tipo. Al abandonar la vida del cazador-recolector abandonamos la infancia de nuestra especie. Tanto la cultura primitiva como la cultura de la era tecnológica son productos del neocórtex. A la sazón, nos encaminamos irreversiblemente por esta última senda, pero necesitaremos algún tiempo para acoplarnos a sus exigencias.

Gran Bretaña ha dado al mundo una serie de eruditos y científicos muy versados en varias disciplinas, algunas veces en posesión de un conocimiento enciclopédico. Por lo que atañe a nuestra época podemos citar los nombres de Bertrand Russell, A. N. Whitehead, J. B. S. Haldane, J. D. Bernal y Jacob Bronowski. Según Russell, para que surjan individuos tan dotados es preciso que su infancia haya discurrido sin apenas presiones y lejos de todo conformismo, que el muchacho o muchacha haya podido cultivar y acrecentar sus intereses por peculiares y extravagantes que pudieran parecer. Debido a las fuertes presiones que el Estado y el propio entorno ejercen en los muchachos dotados para someterlos a las exigencias sociales, no es extraño que ni en Estados Unidos, ni menos aún en la Unión Soviética, Japón o la República Popular China, surja un número proporcional de individuos en posesión de conocimientos enciclopédicos. Creo, por lo demás, que existen indicios de que también Gran Bretaña conoce en la actualidad un manifiesto declive en este aspecto.

Hoy más que nunca, cuando tantos y tan complejos problemas asaltan a la especie humana, es necesaria la presencia de individuos con un alto coeficiente intelectual y un amplísimo campo de intereses. Habría que encontrar la fórmula, compatible con los ideales democráticos que pregonan estos países, para estimular, sin deshumanizar la tarea, el desarrollo intelectual de aquellos adolescentes especialmente dotados. Sin embargo, el panorama es desalentador, ya que tanto los sistemas docentes como los métodos de examen que rigen en la mayoría de estos países adolecen de una ritualización casi reptilica del proceso educacional. En ocasiones me pregunto si la carga agresiva y sexual de los productos televisivos y fílmicos que ofrecen las productoras norteamericanas refleja el hecho de que el complejo R se halla bien afirmado en todos nosotros, en tanto que muchas funciones neocorticales se expresan más raramente porque estamos menos familiarizados con ellas y no las apreciamos en su justo valor, debido, en parte, a la naturaleza represiva de las instituciones docentes y de la propia comunidad nacional.

Un cazador-recolector acecha a su presa y, a la vez, educa al muchacho. Esta forma de vida, que durante millones de años ha sido característica de nuestra especie, se halla a la sazón casi extinta.

Como resultado de los profundos cambios sociales y tecnológicos acaecidos en los últimos siglos, el mundo no marcha como es debido. Resulta que no vivimos en sociedades tradicionales estáticas, pero nuestros gobiernos, opuestos al cambio, actúan como si así fuera. Si antes no nos destruimos a nosotros mismos, el futuro pertenece a las comunidades sociales que, sin ignorar las partes reptílicas y los componentes propios de los mamíferos, permitan el florecimiento de los rasgos genuinamente humanos de nuestra naturaleza, a las sociedades dispuestas a invertir recursos en una multiplicidad de experimentos de orden social, político, económico y cultural, y que estén dispuestas a sacrificar ventajas inmediatas por beneficios a largo plazo. El futuro pertenece, en fin, a las sociedades que consideran las ideas innovadoras como delicadas, frágiles y preciosas vías hacia el futuro.

Un mejor conocimiento del cerebro puede influir también algún día en cuestiones sociales tan delicadas como son la definición de la muerte y la aceptabilidad del aborto. Por regla general, en los países de Occidente priva el criterio ético de que, si las circunstancias lo justifican, es permisible dar muerte a primates distintos del hombre y, con mayor motivo, a otros mamíferos. Sin embargo, un individuo no puede, en las mismas circunstancias, matar a otro ser humano. De ello se infiere que la diferencia entre una y otra actitud se explica por las cualidades específicamente humanas del cerebro. De la misma manera, cuando funcionan partes sustanciales del neocórtex, debe considerarse que el paciente en estado de coma está ciertamente vivo en un sentido humano, a pesar del grave deterioro de otras funciones físicas y neurológicas. Por el contrario, un paciente vivo pero que no presente indicios de actividad neocortical (ni siquiera la que se da durante el sueño) debe considerarse, en un sentido humano, como muerto. En muchos de estos casos el neocórtex ha dejado fatalmente de funcionar, mientras que el sistema límbico, el complejo R y los componentes cerebrales inferiores siguen operantes, a la par que funciones básicas como la respiración y la circulación sanguínea no se ven afectadas. En mi opinión hace falta profundizar más en el conocimiento de la fisiología del cerebro humano antes de poder dar una definición genérica y bien fundamentada de la muerte, pero lo más probable es que la senda que conduce a esta definición nos lleve a contraponer el neocórtex a los restantes componentes del cerebro.

Ideas similares podrían ayudar a resolver el apasionado debate sobre el aborto surgido en los Estados Unidos

mediado el actual decenio, una controversia en extremo vehemente caracterizada por el rechazo rotundo de los puntos de vista de la otra parte. Por un lado están los que sostienen el derecho innato de la mujer al «control de su propio cuerpo», lo cual incluye, según los que defienden esta tesis, el poder provocar la muerte del feto en base a diversos motivos, entre los que destacan la aversión psicológica a engendrar un hijo y la falta de medios para educarlo. En el otro extremo están los que defienden la idea del «derecho a la vida», la aserción de que la muerte de un simple cigoto, de un óvulo fertilizado antes de la primera etapa embrionaria, equivale a un asesinato, por cuanto el cigoto lleva en sí la capacidad de dar vida a un ser humano. Soy perfectamente consciente de que en un tema en el que concurren sentimientos tan apasionados toda solución que se proponga no satisfará a ninguna de las dos partes, y en ocasiones el corazón y la mente nos llevan a diferentes conclusiones. Sin embargo, retomando algunas ideas avanzadas en capítulos anteriores de este libro, quisiera ofrecer aunque sólo fuera una tentativa de compromiso razonable.

En indiscutible que legalizando el aborto se evita el drama y la carnicería a que conduce muchas veces el aborto clandestino realizado por manos incompetentes, y que en una civilización cuya supervivencia se ve amenazada por el espectro de un crecimiento demográfico sin control alguno, el aborto médico puede redundar en beneficio de la sociedad. Por otro lado, el infanticidio a secas resuelve de golpe ambos problemas y de hecho se ha empleado de manera generalizada en el seno de numerosas comunidades humanas, entre ellas determinados sectores sociales de la antigua Grecia, país que suele considerarse como la cuna de nuestra cultura. En la actualidad sigue practicándose en gran medida; en muchas partes del mundo uno de cada cuatro recién nacidos no vive más allá de un año. Sin embargo, y con arreglo a las leyes que rigen en la sociedad occidental, no cabe la menor duda de que el infanticidio constituye un asesinato. Teniendo en cuenta que un sietemesino, es decir, un niño nacido prematuramente en el séptimo mes del embarazo, no se diferencia en nada fundamental del feto que lleva siete meses en el útero, me parece lógico concluir que el aborto, por lo menos en los últimos tres meses, ronda el asesinato. Las objeciones de que el feto durante el tercer trimestre todavía no respira me parecen un tanto equívocas, y, así, cabría preguntarse si es permisible cometer infanticidio inmediatamente después de que la criatura haya nacido, cuando todavía no se ha cortado el cordón umbilical ni el niño ha aspirado la primera bocanada de aire. En una línea discursiva similar, si yo no estoy psicológicamente preparado para convivir con un extraño, por ejemplo, en un cuartel o en una residencia universitaria, no por ello tengo derecho a darle muerte, y, de la misma manera, la irritación que pueda producirme el destino que se da al dinero que pago en concepto de impuestos no debe llevarme al extremo de exterminar a los recipiendarios de los mismos. Con frecuencia suele entremezclarse en estos debates la cuestión de las libertades civiles. ¿Por qué se me han de imponer las convicciones de otros sobre esta cuestión?, se preguntan algunos. Con todo, aquellos que personalmente no suscriben el concepto convencional de asesinato, se ven constreñidos por la sociedad a someterse a lo dispuesto en el código penal.

En el polo opuesto de la discusión, la frase «derecho a la vida» constituye un ejemplo claro de expresión altisonante concebida para impresionar más que para aclarar las cosas. Ni hoy ni nunca ha existido en ningún país de la tierra el derecho a la vida (tal vez haya alguna excepción, como los jainís de la India). Criamos animales domésticos para luego darles muerte, destruimos los bosques, contaminamos ríos y lagos hasta causar la muerte de toda la fauna piscícola, cazamos venados por deporte, leopardos por la piel y ballenas para preparar comida para los perros, atrapamos a los delfines, boqueantes y semiasfixiados, con grandes redes del tipo utilizado para la pesca del atún, y sentenciamos a muerte a los perros cachorros para «equilibrar la población». Todos estos animales y vegetales están tan vivos como nosotros. Lo que muchas sociedades humanas protegen no es la vida, sino la vida del hombre, y aun así desencadenamos guerras con medios «modernos» que causan estragos en la población civil y que suponen un tributo tan escandaloso que muchos de nosotros ni siquiera nos atrevemos a entrar en su consideración. A menudo se intenta justificar este genocidio acudiendo a una redefinición racista o nacionalista de nuestros oponentes que no les reconoce siquiera la condición de hombres.

Debo decir, también, que el argumento acerca de la capacidad del cigoto para dar vida a un ser humano me parece sumamente endeble. En circunstancias propias cualquier óvulo o esperma tiene este mismo potencial. Con todo, ni la masturbación ni las poluciones nocturnas del varón suelen conceptuarse como actos antinaturales merecedores de una condena por asesinato. Una sola eyaculación contiene suficiente número de espermatozoos para generar centenares de millones de seres humanos. Por si esto fuera poco, es posible que en un futuro no muy lejano podamos dar vida a un ser humano a partir de una simple célula tomada prácticamente de cualquier parte del cuerpo del donante. Si ello es así, cualquier célula del organismo debidamente preservada hasta el momento en que la gestación extracorpórea se lleva a la práctica con garantías puede llegar a convertirse en un ser vivo. Por lo demás, ¿cometo un genocidio si me pincho un dedo y vierto una gota de sangre? Como puede observarse, se trata de cuestiones muy complejas. Asimismo, me parece evidente que la solución debe entrañar un compromiso entre un número de valores muy preciados pero antagónicos. La cuestión clave del dilema radica en poder determinar en qué momento el feto puede considerarse un ser humano, dilema que a su vez depende de lo que se entienda por humano. Desde luego, no el hecho de tener una configuración humana, porque una masa de material orgánico que se asemejara a un hombre pero que fuera elaborada con tal fin no podría considerarse propiamente humana. Asimismo, un hipotético ser extraterrestre dotado de inteligencia que no se asemejara a nosotros pero que poseyera unas cualidades éticas, intelectuales y artísticas superiores a las del hombre debería entrar en nuestro cuadro de prohibiciones contra el asesinato. Lo que acredita nuestra condición humana no es lo que parecemos, sino lo que somos. La razón por la que prohibimos dar muerte a otro ser humano debe sustentarse en alguna cualidad peculiar del hombre, cualidad a la que conferimos especial valor y que pocos o ningún otro organismo de la Tierra posee. Es indudable que la humanidad de un ser no viene determinada por el hecho de que sea capaz de sentir dolor o emociones intensas, ya que entonces deberíamos extender este criterio a los animales a los que damos muerte gratuitamente.

Creo que la cualidad humana básica no puede ser otra que nuestra inteligencia. Si lo consideramos así, la inapelable inviolabilidad de la vida humana puede identificarse con la evolución y la presencia del neocórtex. No podemos exigir que se trate de una evolución plena porque ésta no se produce hasta muchos años después del nacimiento, pero tal vez podríamos determinar que el tránsito a la fase humana acaece en el momento en que se inicia la actividad neocortical tal como viene registrada por la electroencefalografía del feto. La observación de algunas funciones biológicas muy simples nos ofrece indicativos del momento en que el cerebro cobra un carácter específicamente humano (véase la figura de la página siguiente). Hasta la fecha se ha investigado muy poco dicha cuestión, y estoy convencido de que los estudios en este terreno desempeñarían un papel determinante en la consecución de un compromiso aceptable que zanjara los debates sobre el aborto. Indudablemente, habría diferencias de un feto a otro en cuanto al momento de iniciación de las primeras señales electroencefalográficas del neocórtex, y todo intento de formular una definición legal del momento en que comienza la vida propiamente humana debería adoptar una pauta de prudencia, es decir, en favor del feto menos desarrollado capaz de exhibir tal actividad. Tal vez el momento de transición habría que fijarlo hacia el término del primer trimestre o próximo al inicio del segundo trimestre del embarazo. (Estamos hablando aquí de lo que, en una sociedad de seres racionales, debiera estar prohibido por la ley. O sea, que todo aquel que piense que el aborto de un feto menos desarrollado que el propuesto como base constituye un asesinato, no tiene por qué verse obligado a llevar a cabo ni aceptar el aborto en cuestión.)

Pero una aplicación consecuente de las ideas expuestas ha de rehuir todo intento de chovinismo humano. Si existen otros organismos cuya inteligencia, aunque de grado inferior, corresponda a la de un ser humano completamente desarrollado, habría que ofrecerles por lo menos la misma protección contra el asesinato que deseamos hacer extensiva al ser humano ya en los comienzos de su vida uterina. Por todo ello, habida cuenta de que existen cuando menos pruebas suficientes que abonan la creencia de que los delfines, ballenas y simios de toda especie son criaturas inteligentes, estimo que toda postura moral sobre el aborto que sea un poco consistente ha de contener severas disposiciones contra, por lo menos, la matanza injustificada de estos animales. Pero creo que la clave última de la solución a la controversia sobre el aborto debe dársela la investigación de la actividad neocortical del feto.

¿Qué decir de la evolución futura del cerebro humano? Cada vez se amplía más el ya numeroso cúmulo de pruebas de que muchas enfermedades mentales son consecuencia de alteraciones químicas o de la red neural del cerebro. Dado que muchas enfermedades mentales presentan los mismos síntomas, cabe pensar que tienen un mismo origen y que, por lo tanto, deben ser tratadas con arreglo a una misma terapéutica.

Cuatro fases del proceso embrionario del cerebro humano: A) después de tres semanas de embarazo; B) transcurridas siete semanas; C) después de cuatro meses, y D) en un recién nacido. En las fases A y B el cerebro se asemeja en gran manera al de los peces y anfibios.

Hughlings Jackson, pionero de la neurología en el siglo XIX, observó: «Averigua el contenido de los sueños y conocerás la causa de la insania». Los individuos que no pueden soñar a menudo o tienen dificultades para hacerlo sufren alucinaciones durante el día. La esquizofrenia, por ejemplo, suele llevar aparejado insomnio nocturno, aunque no ha podido determinarse si se trata de una causa o de un efecto. Uno de los aspectos más conmovedores de la esquizofrenia es la infelicidad y la angustia que provoca en sus víctimas. ¿No es posible que la esquizofrenia sea la situación resultante ante la imposibilidad de mantener encadenados a nuestros dragones, cuando éstos han roto los grillos que les sujetaban al hemisferio izquierdo y salen bruscamente a la luz del día? Tal vez otras dolencias sean consecuencia de un menoscabo de la función del hemisferio derecho. Así, pocas veces se observan flujos intuitivos en los enfermos obsesivo-compulsivos.

A mediados de los sesenta, Lester Grinspoon y sus colegas de la Facultad de Medicina de Harvard llevaron a cabo una serie de experimentos controlados sobre el valor relativo de distintas técnicas terapéuticas en el tratamiento de la esquizofrenia. Por el hecho de ser psiquiatras, si alguna deformación profesional podía imputárseles era su preferencia por las técnicas de comunicación frente a los tratamientos farmacológicos. Pero con gran sorpresa por su parte descubrieron que la tioridacina (medicamento perteneciente a un grupo de drogas antipsicóticas que producen aproximadamente el mismo efecto y que se conocen como fenotiacinas), tranquilizante recién descubierto, resultaba mucho más eficaz para dominar la enfermedad que para sanarla. Lo cierto es que, al decir de los propios enfermos, psiquiatras y familiares, la tioridacina era por sí sola tan eficaz, al menos, como el medicamento más la psicoterapia. Sorprende la integridad de los investigadores ante el imprevisto resultado de sus experimentos. (Es poco probable que haya un sólo experimento capaz de convencer a los jefes de fila de muchas doctrinas políticas o religiosas de la superioridad de una doctrina antagonista.)

Una serie de investigaciones llevadas a cabo recientemente muestra que las endorfinas, moléculas proteínicas de escaso volumen que se forman por generación espontánea en el cerebro de las ratas y otros mamíferos, pueden provocar en estos animales una marcada rigidez muscular y sumirlos en un torpor que recuerda el estado catatónico del esquizofrénico. Todavía desconocemos si la esquizofrenia, antaño padecida por uno de cada diez enfermos internados en los hospitales estadounidenses, tiene un origen molecular o neurológico, pero no es improbable que algún día podamos determinar con exactitud qué componentes o qué sustancias neuroquímicas son causantes de este desarreglo mental.

Los experimentos llevados a cabo por Grinspoon y colaboradores han suscitado un singular dilema en el campo de la ética profesional. En la actualidad los sedantes que se administran a los esquizofrénicos son de tal eficacia que, por norma, se considera inmoral retirárselos al paciente. De ello se sigue que los experimentos realizados para demostrar la



eficacia de un sedante no pueden repetirse, pues se considera una crueldad innecesaria negar al paciente el tratamiento que más contribuye a mejorar su condición y, en consecuencia, es difícil poder experimentar con un grupo de esquizofrénicos privado de dichos medicamentos. Si los experimentos críticos de la quimioterapia de los desórdenes cerebrales sólo pueden realizarse una sola vez, es obvio que deberán hacerse tomando toda clase de garantías para no cometer equivocaciones.

Un ejemplo todavía más sorprendente de este tipo de quimioterapia es el uso del carbonato de litio en el tratamiento de los maníaco-depresivos. La ingestión de dosis de litio cuidadosamente controladas —el litio es el metal más simple y de menor peso específico que se conoce— alivia considerablemente los síntomas de esta terrible enfermedad, siempre según el testimonio del paciente y de los que cuidan de él. Se ignoran los motivos con los cuales una terapia tan sencilla produce efectos tan contundentes, pero lo más probable es que tenga que ver con la química enzimática del cerebro.

Una de las más raras dolencias mentales es la llamada enfermedad de Gilles de la Tourette (que toma el nombre, como es habitual, no del personaje más célebre que la padeció, sino del médico que la identificó como tal). Uno de los muchos trastornos motores y del lenguaje que componen los síntomas de esta dolencia es una manifiesta compulsión a proferir —en el idioma en que el paciente se exprese con más fluidez— una sarta ininterrumpida de imprecaciones y obscenidades. Los médicos aluden a la identificación de esta enfermedad como la «diagnos del pasillo». No sin grandes dificultades el paciente logra dominar su compulsión durante el intervalo de una corta visita médica, pero tan pronto abandona el consultorio y sale al pasillo prorrumpe en un torrente de palabrotas. Sin duda existe en el cerebro un componente que genera las palabras «feas», y es posible que también los simios lo posean.

El hemisferio derecho sólo puede despachar con éxito muy pocas palabras; expresiones de salutación como «hola», «adiós» y... unas cuantas obscenidades selectas. Tal vez la enfermedad de Tourette afecta solamente al hemisferio izquierdo. El antropólogo británico Bernard Campbell, de la Universidad de Cambridge, manifiesta que el sistema límbico está bien acoplado con el hemisferio cerebral derecho, que, como hemos visto, regula mucho mejor las emociones que el hemisferio izquierdo. Aparte de otros contenidos, las palabras soeces implican emociones intensas. Sin embargo, y a pesar de su complejidad, la enfermedad de Gilles de la Tourette parece ser una deficiencia específica de una sustancia química que actúa de transmisor de neuronas y puede aliviarse en gran manera mediante dosis cuidadosamente reguladas de haloperidol.

Según se desprende de las más recientes investigaciones, las hormonas límbicas como el ACTH y la vasopresina pueden incrementar grandemente la capacidad de retención y evocación en los animales. Estos y otros experimentos parecidos apuntan la posibilidad, ya que no del perfeccionamiento integral del cerebro, sí, por lo menos, de unas perspectivas de mejora sustanciales, tal vez modificando la abundancia o regulando la producción de pequeñas proteínas cerebrales. De los ejemplos mencionados se desprende también que los pacientes experimentan una notable disminución del sentimiento de culpa que suele acompañar a una enfermedad mental, carga que rara vez encontramos, pongamos por caso, en los enfermos de sarampión.

La notable fisuración, las circunvoluciones y pliegues corticales del cerebro, así como el hecho de que encaje tan ajustadamente en el cráneo, hacen altamente improbable un aumento suplementario de la masa cerebral. La masa cerebral y la bóveda craneal sólo sufrieron un aumento en fase evolutiva reciente dadas las limitaciones que imponía la pelvis y el canal del parto. Con todo, la práctica de la cesárea, muy rara hace dos mil años, pero muy común en nuestros días, permite que nazcan individuos con mayor volumen cerebral. Otra posibilidad radica en el perfeccionamiento de una tecnología médica que permita el desarrollo integral del feto fuera del útero materno. Sin embargo, el ritmo del cambio evolutivo es tan lento que no cabe pensar en la superación de los problemas que hoy nos asaltan mediante un incremento notable del neocórtex que, consiguientemente, se tradujera en la generación de individuos dotados de un mayor grado de inteligencia. Pero antes de que llegue este momento, aunque no en un futuro inmediato, cabe dentro de lo posible que la neurocirugía potencie aquellos componentes cerebrales que nos parezcan más idóneos e inhiba la acción de aquellos otros que tal vez son causa de algunos de los peligros y contradicciones con que se enfrenta la humanidad. De todos modos, la complejidad y la redundancia de las funciones cerebrales imposibilitan que todo ello se lleve a la práctica en un corto lapso de tiempo, aun en el supuesto de que fuera socialmente apetecible. Lo más probable es que lleguemos antes a elaborar los genes que a remodelar el cerebro.

A veces se indica que este género de experimentos ponen en manos de gobernantes poco escrupulosos, y los hay en cantidad, instrumentos que les permiten oprimir todavía más a sus subditos. No es difícil, por ejemplo, pensar en un gobierno que aplique por sistema cientos de pequeños electrodos a los centros del «placer» y del «dolor» en el cerebro de los neonatos, electrodos capaces de ser estimulados por radio y a gran distancia, quizá utilizando frecuencias de onda o códigos de acceso sólo conocidos por las autoridades del país en cuestión. Cuando el niño fuera ya un adulto el gobierno estaría en condiciones de estimular, si así lo deseara, sus centros de placer caso de haber cumplido con la porción de trabajo asignada sin desviacionismos ideológicos, en caso contrario, podría optar por estimular sus centros de dolor. Aun cuando se trata de una visión dantesca, no creo que sea un argumento contra los experimentos en torno a la estimulación eléctrica del cerebro; más bien constituye un argumento en contra de la gestión estatal de los hospitales. En el momento en que la comunidad social permitiera a sus gobernantes implantar el uso de estos electrodos puede decirse que tendría la batalla perdida y tal vez, incluso, que merece lo que le viene encima. Como siempre que entran en juego este tipo de pesadillas tecnológicas hay que intentar, ante todo, anticiparse lo más posible a los acontecimientos, educar a la ciudadanía en el buen uso de estos medios e impedir su empleo desorbitado por parte de las autoridades o el lastre de un exceso de organización y de burocracia en su utilización.

Existe ya una amplia gama de drogas psicotrópicas que inciden en el estado de ánimo del individuo y que son, en diverso grado, peligrosas o beneficiosas (el alcohol etílico es quizás una de las más usadas y una de las más peligrosas). Al parecer actúan en áreas específicas del complejo R, del sistema límbico y del neocórtex. Si continúa la actual tendencia, aunque no exista incitación gubernamental, la gente proseguirá sintetizando estas drogas en laboratorios caseros y experimentando por su cuenta con ellas, hecho que representa un pequeño paso adelante en nuestro conocimiento del cerebro, de sus disfunciones y de sus posibilidades latentes.

Existen motivos para creer que muchos alcaloides y otros medicamentos afectan a nuestros actos en razón de su semejanza química con pequeñas proteínas naturales del cerebro como las endorfinas. Muchas de estas proteínas actúan sobre el sistema límbico e interesan a nuestro estado emocional. En la actualidad es posible sintetizar pequeñas proteínas compuestas por una secuencia cualquiera de aminoácidos. Así, es probable que en breve se pueda sintetizar una gran variedad de moléculas capaces de inducir en el hombre múltiples estados emocionales, incluso aquellos que se dan raras veces. Por ejemplo, existen indicios de que la atropina —uno de los principales ingredientes activos de la cicuta, el digital, la belladona y ciertas plantas de agua dulce— produce la sensación de estar volando, y de hecho estas plantas sirvieron en su día a las brujas medievales para preparar ungüentos que luego se aplicaban a la mucosa genital y que lejos de permitirles volar en sus escobas, como decían, se limitaban a sumirlas en alucinaciones inducidas por la atropina. Sin embargo, la vivida alucinación de estar volando es una sensación muy específica causada por una molécula relativamente simple. Tal vez llegue a sintetizarse una gama de pequeñas proteínas que susciten en el individuo estados emocionales nunca experimentados con anterioridad. Es esta una de las múltiples expectativas a corto plazo en el ámbito de la química cerebral, llena de promesas tanto en lo positivo como en los aspectos negativos. Todo dependerá del buen criterio que demuestren los que dirigen, controlan y aplican esta investigación.

Cuando salgo de la oficina y me siento al volante, me doy cuenta de que a menos que realice un esfuerzo consciente lo más probable es que me encamine en derechura a casa, y a la inversa, cuando salgo de casa y me subo al coche, si no realizo un esfuerzo similar, una parte de mi cerebro ordena los acontecimientos de forma que acabe dirigiéndome a la oficina. Si cambio de residencia o de lugar de trabajo, tras un corto periodo de aprendizaje las nuevas ubicaciones sustituyen a las anteriores, y sea cual fuere el mecanismo cerebral que regula mis actos, el caso es que se ha adaptado fácilmente a las nuevas coordenadas. Estos hechos equivalen a la autoprogramación de una parte del cerebro que funciona como un computador digital. La comparación cobra aún mayor realce en el momento en que nos damos cuenta de que los epilépticos a los que sobreviene un trastorno psicomotor se comportan exactamente igual, tal vez con la única diferencia de que se saltan unos cuantos semáforos rojos más que yo, pero de modo que al remitir el ataque no conservan un recuerdo consciente de sus actos. Este género de automatismos es un síntoma típico de la epilepsia del lóbulo temporal y, también, un rasgo característico de mi primera media hora de vigilia por las mañanas. A decir verdad no todas las partes del cerebro funcionan como un simple computador digital. Por ejemplo, la parte que realiza la reprogramación es bastante diferente. Sin embargo, existen suficientes similitudes para pensar que es posible arbitrar constructivamente un arreglo eficaz y compatible entre los computadores electrónicos y, por lo menos, algunos componentes cerebrales unidos en una estrecha asociación neurofisiológica.

El neurofisiólogo español José Rodríguez Delgado ha ideado una serie de bucles de realimentación idóneos entre electrodos implantados en cerebros de chimpancé y computadores electrónicos situados a gran distancia. La comunicación entre el cerebro y el computador se logra mediante una conexión por radio. Hoy en día la miniaturización de los computadores electrónicos ha llegado a un punto en que este tipo de bucles de realimentación pueden ser *hardwired*, y no se precisa de conexión por radio con una alejada terminal de computador. Por ejemplo, es enteramente posible proyectar un bucle de realimentación autónomo que permita detectar la inminencia de un ataque epiléptico y estimular automáticamente los centros cerebrales correspondientes para prevenir o atemperar el ataque. Todavía no hemos llegado al punto de poder recurrir a este método con plenas garantías, pero todo parece indicar que estamos camino de conseguirlo.

Tal vez algún día sea posible añadir al cerebro una variedad de artilugios protéticos cognoscitivos e intelectuales, calar una especie de gafas a la mente. Ello estaría en la línea de la evolución por acrecentamiento que ha conocido el proceso de cerebración, y con toda seguridad es más factible que intentar reestructurar el cerebro tal como está conformado actualmente. Es posible que algún día puedan implantarse quirúrgicamente en el cerebro pequeños módulos intercambiables de computador o terminales de radio que nos enseñen a hablar rápida y fluidamente vasco, urdú, amárico, ainú, albano, nu, hopi, kung o el lenguaje de los delfines; que nos dé a conocer los valores numéricos de la función gamma incompleta o de los polinomios de Tchebycheff; que nos muestre la historia natural relativa a las facultades rastreadoras de los animales, que dictamine cuáles son los precedentes legales sobre la propiedad de las islas flotantes, o que facilite, aunque sea temporalmente, la telepatía por ondas radioeléctricas entre varios individuos en una forma de asociación simbiótica antes desconocida para nuestra especie.

Sin embargo, la prolongación real de las facultades de nuestro cerebro, en especial de aquellos aspectos genuinamente humanos regulados por el neocórtex, está ya a punto de consumarse. Algunos de ellos son tan antiguos que ni siquiera recordamos que se hayan configurado. La existencia de un entorno cultural estimulante y no represivo para los niños representa un instrumento educativo muy eficiente y prometedor. El lenguaje escrito es un notable invento que en esencia no es otra cosa que un simple mecanismo para la acumulación y recuperación de una muy compleja información. La cantidad de información contenida en una biblioteca de grandes proporciones supera con mucho el volumen de información que contienen el genoma o el cerebro humanos. Desde luego, los datos no están tan eficazmente almacenados como en los órganos biológicos, pero a pesar de todo su condensación se mantiene dentro de

unos márgenes útiles, y los avances en el campo del microfilm, las microfichas y otros elementos auxiliares por el estilo han ampliado en gran manera la capacidad de almacenamiento de información por parte del hombre. Si trasladamos al gráfico de la página 32 el número de bits de información contenidos en las bibliotecas, museos y otras instituciones culturales, éstos se plasmarían en un punto situado muchas potencias de 10 más allá del margen derecho del gráfico.

Con todo, la escritura es un elemento mecánico *muy* simple. El computador electrónico es mucho más perfecto y ofrece muchísimas y más prometedoras posibilidades de almacenamiento y procesamiento de información extrasomática. Para hacernos una idea del nivel de perfección alcanzado por tales computadores y los programas con que operan, baste decir que en la actualidad juegan inmejorablemente al tres en raya, emulan a los mejores jugadores de damas, son expertos ajedrecistas y conducen una sesión de psicoterapia de manera aceptable. En la actualidad existe un nuevo computador capaz de transcribir al papel pautado una partitura clásica o una melodía cualquiera interpretada en directo. Ni que decir tiene que la capacidad de almacenaje y velocidad de procesamiento de la información mediante computador es realmente portentosa.

Un buen ejemplo del servicio que hoy puede prestar un ordenador programado con fines psicoterapéuticos (téngase presente que hay todavía cantidad de programas mucho más complejos y mejor estructurados), lo constituye un programa de psicoterapia no dirigida elaborado por Joseph Weizenbaum, del Instituto Tecnológico de Massachusetts. Concluida la confección del programa psicoterapéutico el ordenador fue confrontado a un psiquiatra que se relacionaba con aquél mediante el teclado de una consola conectada al computador. Las palabras del psiquiatra aparecen transcritas en letras de caja baja y los del ordenador-terapeuta en caracteres de caja alta. Probablemente la idea era que el diálogo tuviera un carácter heurístico, pero la cosa seguramente se frustró por culpa del... psiquiatra. La conversación entre el psiquiatra-paciente y el computador-terapeuta se inicia del siguiente modo:

doctor, tengo algo terrible que contarle.  
DICE USTED QUE TIENE ALGO TERRIBLE QUE CONTARME.  
sí, en el M.I.T. *Massachusetts Institute of Technology* hay un computador con un programa que va a terminar con nosotros.  
¿POR QUÉ DICE USTED ESO?  
porque lo he visto actuar.  
DICE USTED QUE LO HA VISTO ACTUAR.  
es espantoso; debería verlo.  
CREE USTED QUE DEBO VERLO.  
tengo la sensación de que está usted deprimido.  
QUIZÁS EN SU IMAGINACIÓN LE PAREZCA QUE CADA UNO DE NOSOTROS ENCUENTRA DEPRIMIDO AL OTRO.  
sí; puede ser.  
COMPRENDO.  
también yo.  
DICE USTED QUE TAMBIÉN.  
a los dos nos afecta por igual lo de ese computador.  
BIEN, SIGAMOS HABLANDO DE USTED, ¿LE PARECE?  
me reconforta usted.  
¿QUÉ LE HACE PENSAR QUE YO LE CONFORTO?  
pues que en los tiempos que corren quiera usted hablar conmigo.  
¿QUÉ LE HACE PENSAR QUE QUIERO HABLAR CON USTED?  
pues el hecho de que comparta usted mi opinión respecto a ese maldito computador.  
¿QUÉ CONCLUSIÓN SACA DE ELLO?  
que, por supuesto, también usted detesta a los computadores.  
PIENSA USTED QUE YO DETESTO TAMBIÉN A LOS COMPUTADORES.  
y por qué no sí, a fin de cuentas, no son humanos, ¿no le parece?  
QUIZÁ SEA ESTE EL MOTIVO POR EL QUE ESTAMOS AQUÍ, PARA AVERIGUARLO.  
por ejemplo, ningún computador podría conversar como usted lo hace.  
¡OH!  
no entiendo cómo una persona puede dejarse embaucar por una simple máquina.  
¿DE VERAS?  
no, después de todo, un programa de computador no es creativo.  
ADOPTA USTED UNA ACTITUD PESIMISTA.  
estoy convencido de que tengo razón.  
¿LE PREOCUPA A USTED HABERSE DEJADO CONVENCER DE QUE TIENE RAZÓN?  
no, en absoluto, de ninguna manera, ni en lo más mínimo.  
ESTÁ USTED ADOPTANDO UNA ACTITUD PESIMISTA.  
dijo usted que estaba de acuerdo conmigo, ¿no es cierto?  
ES REALMENTE ESO LO QUE ME OYÓ DECIR.  
¿por qué no trata de disuadirme? los computadores manejan números y nada más.  
QUIERE USTED QUE TRATE DE DISUADIRLE.  
no puede.  
CREE USTED QUE NO PUEDO.  
por ejemplo, ¿cómo podría un computador en una conversación como esta plantear un nuevo tema?  
AL PARECER HA OLVIDADO POR COMPLETO HABLARME DE SUS PADRES.  
exactamente lo mismo que usted.  
CREE USTED QUE LO MISMO QUE YO.

sí, y eso demuestra la diferencia que hay entre un hombre y un computador.  
COMPRENDO.

El computador-psiquiatra carece de erudición, de una formación profesional, de sensibilidad y de la intuición propia del hombre; es un artefacto inerte (¿cómo no!), prácticamente insensible a los matices emocionales y a las formas de expresión no verbales. Pese a ello ha sido capaz de sostener una conversación más inteligente de lo que serían capaces muchos individuos. Su respuesta cuando se le habla de introducir «un nuevo tema» en la conversación es realmente asombrosa, pero muy probablemente se trate de una respuesta casual. Sin duda el programa ha sido proyectado para poner atención a palabras tales como «madre», «padre», etc. Si transcurrido un cierto intervalo en el reloj del computador estas palabras no han sido pronunciadas, el programa está concebido para iniciar la frase con el «parece que ha olvidado usted...». El hecho de que apareciera en un momento oportuno induce en cierto modo a pensar que el computador es capaz de adentrarse y de profundizar en las cuestiones.

Pero ¿qué otra cosa es el juego de la psicoterapia sino una muy compleja y estudiada serie de respuestas ante múltiples situaciones humanas? ¿Acaso el psiquiatra no está también preprogramado para emitir ciertas respuestas? Es obvio que la psicoterapia no dirigida requiere programas de computador muy sencillos y que darles una apariencia de sutileza exige tan sólo programas un poco más estudiados. Con ello no pretendo en modo alguno desacreditar a la profesión psiquiátrica, sino más bien augurar el advenimiento de la inteligencia mecánica. De todos modos, los computadores todavía no han alcanzado, ni con mucho, el nivel de desarrollo adecuado para proceder al empleo generalizado de la psicoterapia computadorizada. Por otra parte, no me parece utópico pensar que el día de mañana contaremos con terapeutas computadorizados en extremo pacientes, fácilmente asequibles y, al menos en lo que respecta a ciertas cuestiones, suficientemente preparados para resolverlas. Existen ya algunos programas que gozan de gran estima entre los pacientes porque éstos se han dado cuenta de que el psicoterapeuta mecánico es objetivo y en extremo pródigo con su tiempo.

Actualmente se están construyendo en los Estados Unidos computadores capaces de detectar y diagnosticar sus propios desajustes. Tan pronto se aprecien errores operativos con carácter sistemático, los componentes causantes de los mismos serán automáticamente sustituidos o inutilizados. La congruencia interna se verificará mediante operaciones reiteradas a través de programas normalizados cuyos resultados son previamente conocidos; las reparaciones correrán a cargo principalmente de componentes redundantes. Existen ya algunos programas —por ejemplo, en los computadores que juegan al ajedrez— capaces de aprender de la experiencia y de otros computadores. Conforme pasa el tiempo los ordenadores electrónicos ganan en inteligencia, y cuando los programas sean tan complejos que sus inventores no estén en condiciones de anticipar con rapidez toda la gama de posibles respuestas, las máquinas tendrán la apariencia, si no del discurso racional, sí por lo menos del libre albedrío. El computador del módulo de descenso del *Viking* que alcanzó la superficie de Marte, con una memoria de únicamente 18000 palabras, revestía ya este nivel de complejidad, es decir, que no siempre sabemos cuál va a ser la respuesta del computador a una instrucción concreta. Si lo supiéramos, entonces sí cabría afirmar que se trata «solamente» o «simplemente» de un computador. Pero en caso contrario, empezamos a preguntarnos si realmente se trata de un artefacto inteligente.

La situación guarda relación con la glosa de una fábula de la que se hicieron eco Plutarco y Plinio y que se ha transmitido con el correr de los siglos. En ella se habla de un perro que husmeando en busca del rastro de su amo llegó a un punto del camino que se bifurcaba en tres ramales. El can se dirigió primero a la senda de la izquierda y olfateó en vano; se detuvo y enfiló luego el camino de en medio, recorriendo un corto trecho, para regresar, siempre husmeando, al punto de partida. Finalmente, sin olfatear siquiera, emprendió veloz y jubilosa carrera por el ramal de la derecha.

Comentando esta fábula, Montaigne arguye que muestra clara mente la capacidad del perro para razonar silogísticamente: Mi amo ha tomado por una de estas sendas; no es la de la izquierda ni la del centro; luego debe ser la de la derecha. No necesito corroborar esta conclusión mediante el olfato, sino que la deduzco directamente por la vía de la lógica.

La posibilidad de que los animales pudieran ser capaces de razonar de este modo, aunque quizá de forma no tan coherente, llegó a inquietar a muchos estudiosos. Incluso mucho antes que Montaigne, santo Tomás de Aquino intentó sin éxito resolver el dilema y citó el ejemplo del perro con tono admonitorio, como demostración de que a veces no hay inteligencia pura, sino sólo la apariencia de ella. Santo Tomás de Aquino, sin embargo, no ofreció una alternativa satisfactoria que explicase la conducta del perro. Es obvio que en los pacientes con el cerebro «seccionado» puede darse un análisis lógico realmente profundo acompañado de la incapacidad de expresarse verbalmente.

Al considerar la inteligencia de la máquina nos hallamos en una situación parecida. A la sazón, las máquinas están traspasando un importante umbral, el que les permite, al menos hasta cierto punto, presentarse ante el hombre, objetivamente, como artefactos provistos de inteligencia. Bien sea por una especie de chovinismo humano, bien por un antropocentrismo mal entendido, muchos sujetos no acaban de aceptar esta posibilidad. Pero a mí me parece inevitable. Personalmente no considero en modo alguno degradante que el conocimiento y la inteligencia sean resultado de la «simple» materia suficiente y diversamente ordenada. Por el contrario, entiendo que ello es un tributo a la sutileza de la materia y a las leyes de la naturaleza.

En modo alguno se deduce de ello que en un futuro cercano los computadores vayan a exhibir las mismas dotes creativas, la misma sutileza, sensibilidad y erudición que el hombre. Un ejemplo clásico y probablemente equívoco es el de la traducción mecánica. Se introduce en la unidad de entrada un texto en una lengua determinada y el computador ofrece la transcripción en otro idioma; en chino, pongamos por caso. Se dice que al término de la elaboración de un complejo programa de traducción los responsables, orgullosos de su labor, invitaron a una delegación en la que figuraba un senador del congreso federal de los Estados Unidos para que presenciara una demostración. Se pidió al

senador que enunciase un dicho popular en inglés, y éste, sin pensarlo dos veces, largó la cita de «ojos que no ven, corazón que no siente» (*out of sight, out of mind*). Dócilmente, entre el chasquido de los discos y el parpadeo de las luces del panel de mando, la máquina liberó una hoja en la que aparecían impresos unos pocos caracteres chinos. Pero como el senador no podía leer chino, con objeto de completar la prueba se procedió a invertir el programa introduciendo primero el texto redactado en chino, que apareció tras unos instantes en la unidad de salida traducido al inglés. Los componentes de la delegación se apretujaron de nuevo en torno a la hoja de papel para leer la transcripción, que en un principio les sumió en la perplejidad. En efecto, el texto decía escuetamente: «invisible, idiota».

Traducción literal de *out of sight, out of mind*. (N. del t.)

Los programas de que disponemos en la actualidad son tan sólo relativamente competentes, incluso en cuestiones que, como el ejemplo aducido, no demandan demasiada sutileza. Sería un desatino dejar que los computadores, en su presente estadio tecnológico, tomaran las decisiones importantes, y no porque no pueda reconocérseles cierto grado de inteligencia, sino porque siendo a veces los problemas muy complejos, no se les facilita toda la información pertinente. Ejemplo ilustrativo del abuso flagrante que se ha hecho de los computadores lo tenemos en el papel que se les asignó tanto en la conducción de la política como de las operaciones militares durante la guerra de Vietnam. Pero en contextos razonablemente restringidos, el uso de la inteligencia artificial por parte del hombre parece erigirse en uno de los dos principales y viables progresos que en materia de inteligencia humana conoceremos en un futuro cercano. (El otro es un mayor enriquecimiento del medio cultural en que se mueve el niño antes y durante la etapa de formación escolar.)

Aquellos no familiarizados desde niños con los computadores suelen sentir cierto recelo hacia ellos. El archidivulgado caso del computador maniaco encargado de la facturación, que no acepta ni el «sí» ni el «no» como respuesta y que sólo se daba por satisfecho cuando recibía un cheque por valor de cero dólares y cero centavos, no puede convertirse en símbolo representativo de toda la gama de ordenadores. Para empezar se trata de un computador poco «dotado» y sus errores son, en realidad, los errores de los hombres que lo programaron. El uso creciente que se observa en Norteamérica de los circuitos integrados y de los computadores de pequeño tamaño para incrementar la seguridad de los vuelos aeronáuticos, en la enseñanza programada, en los marcapasos para enfermos cardíacos, en los juegos electrónicos, las alarmas contra incendios estimuladas por el humo y las fábricas totalmente automatizadas, para referirnos tan sólo a unas cuantas de sus aplicaciones, ha contribuido en gran manera a paliar la aprensión que hasta el momento rodeaba a tan moderna innovación. En la actualidad hay en el mundo unos doscientos mil computadores digitales, y dentro de una década habrá muy probablemente decenas de millones. Estoy convencido de que en el lapso de una generación se hablará de los computadores con absoluta naturalidad o, por lo menos, como de un aspecto común de nuestra vida cotidiana. Tómese en cuenta, por ejemplo, la aparición de los llamados computadores de bolsillo. En mi laboratorio tengo un computador del tamaño de una mesa escritorio que compré con los fondos de una beca de ayuda a la investigación concedida a finales de los sesenta y que salió por un precio de 4.900 dólares. Tengo, también, otro producto del mismo fabricante; se trata de un computador que cabe en la palma de la mano y que compré en 1975. Realiza todas las funciones del anterior; cabe destacar en él la posibilidad de programar los datos y sus diversas memorias dirigibles. La diferencia estriba en que este último sólo cuesta 145 dólares, y los precios van disminuyendo a un ritmo que le deja a uno pasmado. El hecho representa un avance espectacular en materia de miniaturización y reducción de costos, y todo ello en un periodo de seis o siete años solamente. A decir verdad, actualmente el tamaño de los computadores no conoce más límites que los derivados de tener que adaptarse a la torpe pulsación de los dedos del hombre. De no ser por esa circunstancia podrían fabricarse computadores del tamaño de la uña de un dedo. El ENIAC, el primer computador digital de gran tamaño, construido en 1946, comprendía 18.000 tubos de vacío y llenaba toda una estancia. Hoy, empero, un microcomputador constituido por una laminilla de sílice del tamaño de la falange más pequeña del dedo meñique posee la misma capacidad funcional.

Los circuitos de dichos computadores transmiten la información a la velocidad de la luz. En el hombre, la transmisión neuronal es un millón de veces más lenta. El hecho de que en las operaciones no aritméticas el cerebro humano, más pequeño y menos rápido, opere con mayor eficacia que los grandes y rapidísimos computadores electrónicos constituye un formidable tributo a la sutileza con que ha sido circuitado y programado nuestro cerebro, dos rasgos que, evidentemente, hay que atribuir al proceso de selección natural. Los especímenes que poseían cerebros deficientemente programados no vivieron lo suficiente para poder reproducirse.

Las representaciones gráficas obtenidas mediante computador han alcanzado hoy en día un grado tal de perfección que se abre ante nosotros toda una nueva e importante perspectiva de aprendizajes en el campo de las artes y de las ciencias, así como en lo tocante a los dos hemisferios cerebrales. Mucha gente, por lo demás bien dotada para realizar funciones analíticas, posee una muy pobre percepción e imaginación de las relaciones espaciales, sobre todo en el ámbito de la geometría tridimensional. Pues bien, hoy disponemos de programas para ordenador que pueden componer de forma gradual complejas formas geométricas ante nuestros ojos y hacerlas rotar sobre una pantalla de televisión conectada al computador.

En el caso concreto de la Universidad de Cornell, ha sido Donald Greenberg, de la Facultad de Arquitectura, quien ha proyectado uno de estos sistemas. El programa que ha elaborado permite trazar una serie de líneas equidistantes que el computador traduce en gradientes de nivel. Luego, pulsando una de las múltiples instrucciones posibles señalizadas en la pantalla, ordenamos la composición de complicadas figuras tridimensionales que podemos agrandar o empequeñecer, prolongar en una dirección dada, girar, aproximar a otros objetos o borrar en alguna de sus partes

(véanse las figuras de las páginas 220-221). Es este un instrumento de extrema eficacia para incrementar la visualización de las formas tridimensionales, factor de suma utilidad en las artes gráficas, la ciencia y la técnica. También constituye un excelente ejemplo de cooperación entre los dos hemisferios cerebrales. En efecto, el computador, que es una construcción suprema del hemisferio izquierdo, nos enseña cómo proceder al reconocimiento de configuraciones, función característica del hemisferio derecho.

Ejemplo de una sencilla representación gráfica computerizada. Las figuras son resultado exclusivo del trazado a pulso de curvas equidistantes sobre una pantalla de televisión. El computador convierte estos trazos en imágenes tridimensionales alzadas desde cualquier ángulo, directamente de la composición abstracta en la figura de la izquierda, formando ángulo en la imagen de la derecha. La torre ha sido «entre tejida» automáticamente; en el diagrama de la derecha se desplaza hacia el lector. El observador, además de poder girar la imagen a su antojo y de acercarla o alejarla a placer, puede requerir el trazado de imágenes dinámicas ortogonales, en perspectiva o estereoscópicas. (Programa WIRE ideado por Marc Levoy, Laboratorio de Diagramación Computerizada de la Universidad de Cornell.)

Otros programas de computador presentan proyecciones bidimensionales (planas) y tridimensionales (en perspectiva) de objetos cuatridimensionales. Conforme éstos van girando o a medida que cambia la perspectiva desde la que visualizamos el objeto, no sólo lo contemplamos desde otros ángulos, sino que tenemos la sensación de estar asistiendo a la síntesis y destrucción de subunidades geométricas en su integridad. El efecto que ello produce es misterioso e instructivo a la vez, y ayuda a desentrañar algunos de los misterios de la geometría cuatridimensional. Pienso que nuestro aturdimiento es inferior al que experimentaría una supuesta criatura plana al toparse con una típica proyección (dos cuadrados uni dos por uno de sus ángulos) de un cubo tridimensional sobre una superficie plana. Las dificultades con que el artista viene tropezando desde siempre para plasmar el sentido de la perspectiva —es decir, la proyección de objetos tridimensionales sobre la superficie plana del lienzo— se clarifican enormemente con los diagramas trazados por el computador. Es obvio que constituye, también, un instrumento de la mayor importancia para resolver los problemas eminentemente prácticos que plantea la representación gráfica tridimensional de los planos de edificios — que el arquitecto proyecta en dos dimensiones— desde los ángulos y perspectivas más ventajosos.

La diagramación computerizada comienza a extenderse al terreno recreativo. Existe ya un juego muy popular que simula, en el marco de una pantalla de televisión, el bote de una pelota perfectamente elástica entre dos superficies o demarcaciones. Cada jugador dispone de un mando que le permite interceptar la pelota con una «raqueta» móvil. Si aquél no intercepta la pelota suma un cierto número de puntos negativos. Se trata de un juego muy interesante y su práctica entraña el aprendizaje de la segunda ley de Newton sobre el movimiento lineal. Jugando al «tenis», el sujeto obtiene un profundo conocimiento intuitivo de la más simple física newtoniana, un conocimiento superior incluso al que proporciona el clásico ejemplo de la carambola de billar, puesto que en ella los choques distan mucho de tener una elasticidad perfecta y el efecto que se imprime a la bola implica otras nociones físicas más complicadas.

Esta especie de acumulación de información es precisamente lo que llamamos juego, con lo que se nos revela la importante función que éste desempeña: la obtención, ajena a toda consideración de índole práctica, desuna visión global del mundo que es a la vez complemento y preparación para ulteriores actividades de orden analítico. Los computadores permiten el juego y el recreo en medios que de otra manera serían completamente inaccesibles a la mayoría de estudiantes.

Un ejemplo todavía más interesante lo constituye el juego llamado «guerra en el espacio», cuyas excelencias y modalidades tan bien ha narrado Stuart Brand en los periódicos. En él, cada bando controla uno o más «vehículos espaciales» que se disparan misiles recíprocamente. Tanto los movimientos de las naves como de los proyectiles se rigen por determinadas normas, como, por ejemplo, un campo gravitatorio generado por un «planeta» cercano proporcional al inverso del cuadrado de la distancia al mismo. Para destruir el vehículo espacial del contrario es preciso demostrar un conocimiento de la gravitación newtoniana al mismo tiempo intuitivo y concreto. Aquellos de nosotros que no tenemos oportunidad de participar en vuelos interplanetarios encontramos dificultades para que el hemisferio derecho asimile la idea de gravitación newtoniana. El juego en cuestión puede suplir esta deficiencia.

Ambos pasatiempos, el «tenis» y la «guerra en el espacio», sugieren una elaboración gradual de diagramas computerizados, con lo que se obtiene un conocimiento experimental e intuitivo de las leyes de la física. Éstas se formulan casi siempre en términos analíticos y algebraicos, es decir, con intervención del hemisferio izquierdo. Por ejemplo, la segunda ley de Newton se escribiría  $F = Ma$ , y la ley de gravitación  $F = GMm/r^2$ . Estas representaciones analíticas son de extrema utilidad y es realmente notable que el universo esté concebido de tal forma que el movimiento de los objetos pueda definirse mediante leyes relativamente sencillas. Sin embargo, estas leyes no son más que abstracciones de la experiencia. En esencia, no pasan de ser simples ardidés nemotécnicos para recordar con facilidad un gran número de casos que sería muy difícil retener uno por uno, por lo menos tal como el hemisferio izquierdo concibe la memoria. Los diagramas de computador proporcionan al físico o al biólogo un amplio campo de experiencias respecto de los casos recapitulados por las leyes de la naturaleza, pero tal vez su función más importante sea la de permitir el profano captar de manera intuitiva, aunque no por ello menos profunda, el contenido de las mismas.

Existen muchos programas interactivos de computador que no tienen carácter diagramático y que constituyen un excelente instrumento de aprendizaje. Estos programas pueden ser elaborados por un profesorado competente y, cosa sorprendente, el estudiante mantiene con el «profesor» una relación mucho más individualizada, mucho más personal, que en el marco convencional de una clase. Por otra parte, puede estudiar al ritmo que le convenga sin sentirse incómodo por ello. El Dartmouth College emplea en numerosos cursos la enseñanza programada. Así, un estudiante asimila mejor las estadísticas de la genética mendeliana con una hora de computador que en todo un año de laboratorio realizando cruces con las moscas de las frutas, y una universitaria puede, por ejemplo, investigar qué probabilidades tiene de quedar preñada según los métodos de control que utilice. (El programa conlleva una posibilidad sobre diez mil

millones de que la mujer quede embarazada si permanece estrictamente célibe, con lo cual incluso toma en cuenta las contingencias que rebasan el nivel actual de los conocimientos médicos.)

En el recinto universitario de Darmouth, la terminal del computador es un instrumento didáctico más entre muchos. Un elevado porcentaje de alumnos aprenden no sólo a utilizar estos programas, sino también a elaborar los que mejor se adapten a sus conveniencias. Los estudiantes ven el trabajo con el computador como un esparcimiento y no como una obligación impuesta, y son muchos los colegios universitarios y las universidades en trance de imitar, e incluso ampliar, la práctica seguida en Darmouth. El hecho de que este colegio universitario marche en cabeza de la iniciativa se debe a la circunstancia de que su presidente, John G. Kemeny, es un destacado especialista en informática, inventor de un sencillísimo lenguaje para computadores denominado BASIC.

El Lawrence Hall of Science es una especie de museo dependiente de la Universidad de Berkeley, California. En el sótano del edificio hay una estancia bastante modesta con alrededor de una docena de terminales de computador, cada una de las cuales está acoplada a un minicomputador de uso compartido situado en otro lugar del edificio. La utilización de estas terminales se alquila por una módica cuota y pueden obtenerse con sólo una hora de anticipación. La clientela está integrada básicamente por adolescentes, algunos de los cuales tienen menos de diez años. Uno de los sencillísimos programas interactivos que el alumno puede utilizar es el juego conocido como «Hang-man» (juego del ahorcado). Para ello basta componer en un muy sencillo teclado el código «XEQ-SHANG». El computador transcribe:

(VERDUGO)

¿QUIERES SABER LAS REGLAS?

Si el jugador mecanografía «sí», la máquina prosigue:

ADIVINA UNA LETRA DE LA PALABRA QUE ESTOY PENSANDO. SI ACIERTAS  
TE LO INDICARÉ, PERO SI FALLAS (JA, JA) JESTARÁS MÁS CERCA (JI, JI)  
DE MORIR COLGADO!  
LA PALABRA CONSTA DE OCHO LETRAS  
¿YES?...

Supongamos que el jugador compone la respuesta: «E». El computador imprime:

-----E

Si el jugador falla en la respuesta, el computador imprime un llamativo grafismo (dentro de las limitaciones que impone la gama de signos disponibles) que representa una cabeza humana. En adelante el juego se convierte en una carrera entre la palabra, que se va completando progresivamente, y la figura cada vez más perfilada de un hombre en trance de ser ahorcado.

En las dos partidas de «Hangman» que recientemente tuve ocasión de presenciar las respuestas correctas eran «VARIABLE» y «THOUGHT». Si el jugador gana la partida, el programa, fiel a su papel de villano de mentirijillas, imprime en la hoja de respuesta una serie de caracteres no alfabéticos como los que suelen aparecer en las historietas cómicas para indicar una maldición o juramento y, acto seguido, teclea:

CANALLAS, ME HABÉIS VENCIDO.

¿DESEAS OTRA OPORTUNIDAD PARA MORIR?

Algunos programas están redactados en un tono menos familiar, como, por ejemplo, el «XEQ-SKING», que empieza con esta perorata:

ESTAMOS EN EL ANTIGUO REINO DE SUMERIA Y TÚ ERES SU VENERABLE GOBERNANTE. LA SUERTE DE LA ECONOMÍA DE SUMERIA Y DE SUS LEALES SUBDITOS ESTÁ ENTERAMENTE EN TUS MANOS. TODOS LOS AÑOS TU GRAN MINISTRO, HAMMURABI, TE INFORMARÁ SOBRE EL MOVIMIENTO DE POBLACIÓN Y LA ECONOMÍA. SI UTILIZAS LOS DATOS QUE TE SUMINISTRA PODRÁS DISTRIBUIR CON SABIDURÍA LOS RECURSOS QUE PRECISA TU REINO. ALGUIEN HA ENTRADO EN LA CÁMARA DEL CONSEJO...

Acto seguido, Hammurabi suministra al jugador estadísticas pertinentes sobre el número de hectáreas de terrenos comunales, fanegas por hectárea recolectadas el pasado año, número de las que se perdieron por causa de las ratas, cantidad de cereal almacenado, censo actual de la población, habitantes que murieron de inanición el último año y cifras sobre la emigración del campo a la ciudad. Muy amablemente le facilita a uno datos sobre la tasa de intercambio de tierras por alimentos y se interesa por el número de hectáreas de terreno que el jugador desea adquirir. Si la cifra resulta excesiva, el programa advierte:

HAMMURABI: TE RUEGO REFLEXIONES, SOLAMENTE TIENES ALMACENA DAS SESENTA FANEGAS.

Hammurabi se acredita como un gran visir sumamente cortés y paciente. A medida que el computador aumenta la cuenta de los años, el jugador termina por convencerse de que realmente es muy difícil, por lo menos en determinadas economías de mercado, incrementar la población y el número de propiedades agrícolas de un Estado y eliminar a la vez la pobreza y la indigencia.

Entre los muchos programas existentes hay uno, el llamado «Grand Prix Racing», que da opción al jugador a elegir entre una serie de marcas de automóviles, desde el primer modelo de la Ford hasta un Ferrari modelo 1973. Si en determinados tramos del circuito el jugador no alcanza un mínimo de velocidad o de aceleración, pierde la partida, y si peca por exceso, se estrella. Teniendo en cuenta que es preciso dar explícitamente la distancia, velocidad y aceleración, es imposible participar en el juego si no se poseen ciertas nociones de física. La elaboración de nuevas vías para el aprendizaje mediante computadores interactivos no conoce otros límites que el grado de inventiva de los programadores, y en este terreno es muy difícil avanzar conclusiones.

Estatua de Gudea, gobernador neosumerio de Lagash (alrededor del 2150 a.C.). Por esta época (tercera dinastía Ur), la escritura cuneiforme, que cubre la túnica de Gudea, se hallaba muy extendida. Durante este período se expandió el comercio marítimo, hubo gran actividad mercantil y se redactó el primer código legal escrito del que se tiene noticia, todo ello en íntima relación con la difusión de la cultura escrita.

Habida cuenta de que la ciencia y la técnica ejercen un considerable influjo en nuestra sociedad y de que ambos campos del saber escapan, o poco menos, a la comprensión de la mayoría de los ciudadanos, el hecho de que tanto los centros de enseñanza como los hogares tengan un acceso poco costoso a los servicios de un computador desempeñará, sin duda, un importante papel de cara a la pervivencia de nuestra civilización.

La única objeción de que tengo constancia acerca del uso generalizado de calculadoras de bolsillo y computadores de pequeño tamaño es la de que, si los niños aprenden a manejarlos a una edad temprana, no asimilan como es debido la aritmética, la trigonometría y otras operaciones matemáticas que la máquina está en condiciones de realizar con mayor rapidez y exactitud que el alumno. Es esta una controversia que se ha suscitado ya en otras épocas.

En el *Fedro* de Platón —y, concretamente, en el diálogo socrático que cito en otra parte del libro relativo a la metáfora del carro, el auriga y los dos caballos— hallamos un delicioso mito sobre el dios Toth, paralelo egipcio de Prometeo. En la lengua del Antiguo Egipto, la frase que designa el lenguaje escrito significa literalmente «la lengua de los dioses».

Según el historiador romano Tácito, los egipcios se jactaban de haber enseñado el alfabeto a los fenicios, «los cuales, siendo señores del mar, lo dieron a conocer a Grecia, con lo que se les otorgó la paternidad de un invento que no era obra suya». Según la leyenda, el alfabeto fue traído a Grecia por Cadmo, príncipe de Tiro, quien andaba en pos de su hermana Europa, raptada por Zeus, padre de los dioses; éste la había raptado bajo la apariencia de un toro para luego conducirla a Creta. Para frustrar toda tentativa de rescate e impedir así que Europa fuese devuelta a Fenicia, Zeus ordenó la construcción de un autómatas de bronce que patrullaba con sigilo la isla y ahuyentaba o hundía todas las naves extranjeras que arribaban a Creta. Pero Cadmo proseguía su búsqueda lejos de allí, en tierras griegas. Un día, un dragón devoró a todos sus hombres. Cadmo dio muerte al animal, y atendiendo los consejos de Atena, el príncipe fenicio sepultó los dientes del dragón en los surcos de un campo arado y cada uno de ellos se convirtió en guerrero. Cadmo y sus hombres fundaron Tebas (de Beocia), la primera ciudad del mundo civilizado, dándole el nombre de una de las dos capitales del antiguo Egipto. Es curioso que en la misma leyenda se recoja el invento de la escritura, la fundación de la civilización griega, la primera referencia conocida a un ser inteligente artificial y la incesante pugna entre el hombre y el dragón.

En él, Toth discute su invención de la escritura con Amón, el dios-rey, quien le refuta con estas palabras:

Tu hallazgo fomentará la desidia en el ánimo de los que estu dian, porque no usarán de su memoria, sino que se confiarán por entero a la apariencia externa de los caracteres escritos y se olvidarán de sí mismos. Lo que tú has descubierto no es una ayuda para la memoria, sino para la memorización, y lo que das a tus discípulos no es la verdad, sino un reflejo de ella. Serán oyentes de muchas cosas y no habrán aprendido nada; parecerán omniscientes, y por lo común ignorarán todo; será la suya una compañía tediosa porque revestirán la apariencia de hombres sabios sin serlo realmente.

Una muestra de los primitivos jeroglíficos egipcios. (Lápida funeraria de la tumba de Sesostri I, en Karnak.)

No me cabe duda de que hay una parte de verdad en la queja de Amón. En nuestro mundo moderno los iletrados siguen derrotados distintos, poseen otro sentido de la autoconfianza y una visión no menos dispar de la realidad. Sin embargo, antes de la invención de la escritura, el saber humano se reducía a lo que una persona o un reducido grupo de individuos acertaba a recordar. A veces se lograba preservar un sustancial acopio de información, como en los Vedas y en los dos grandes poemas épicos de Hornero. Pero, por lo que sabemos, Horneros hubo muy pocos.

Unidad microprocesadora de un microcomputador cuyos lados miden alrededor de medio centímetro. Se trata de un circuito integrado impreso en una sola laminilla de cristal de silicón que contiene aproximadamente 5.400 transistores.

Después de la invención de la escritura se hizo posible reunir, integrar y utilizar la sabiduría acumulada de todas las épocas y de todos los pueblos; el hombre dejó de estar circunscrito a lo que ellos o sus compañeros más allegados eran capaces de recordar. La cultura escrita nos permite entablar contacto con los intelectos más poderosos e influyentes surgidos a lo largo de la historia. Así, Sócrates o Newton han tenido una audiencia de lectores muchísimo más vasta que el total de personas que llegaron a conocer en vida. La transmisión reiterada de la tradición oral en el



marco de múltiples generaciones acaba por engendrar fatalmente errores de transmisión y la pérdida gradual del contenido original del mensaje, degradación mucho más lenta cuando se trata de reeditar un texto escrito.

Los libros se pueden guardar fácilmente; podemos leerlos a nuestro antojo sin importunar a los que nos rodean, y releer las partes más densas o que nos procuran mayor deleite. A mayor abundamiento, el libro se produce masivamente y a precios relativamente asequibles. En cuanto a la lectura en sí, constituye una asombrosa actividad: el sujeto fija la mirada en un objeto plano, no muy grueso, hecho de pulpa de madera, como el lector en este momento, y la voz del autor empieza a resonar en su mente. (¿Qué tal, amigo?!) El incremento del saber humano, así como su capacidad de supervivencia tras la invención de la escritura, han sido inmensos. (También ha aumentado la confianza en uno mismo, pues ahora es posible aprender cuando menos los rudimentos de un arte o de una ciencia recurriendo a un libro, sin depender para ello del afortunado accidente de tener a mano un maestro artesano o un especialista que pueda iniciarnos en una actividad concreta.)

Cuando ya no queda nada por decir ni por hacer, la invención de la escritura debe conceptuarse no sólo como una brillante innovación sino como una formidable aportación en favor de la humanidad. Por otra parte, suponiendo que vivamos lo suficiente como para usar las invenciones de los hombres con sabiduría, creo que se dirá otro tanto de los modernos Toths y Prometeos que hoy proyectan computadores y elaboran programas hurgando en los límites de la inteligencia mecánica. Es probable que el próximo hito estructural del intelecto humano sea la cooperación entre el hombre, ser discursivo, y las máquinas, artefactos pensantes.

## Nuestro destino es el conocimiento. Inteligencia terrestre y extraterrestre

Las horas discurren silenciosa y furtivamente...

W. SHAKESPEARE, *Ricardo III*

El dilema fundamental de la humanidad, el problema que subyace a todos los demás y que destaca por encima de ellos, es precisar qué puesto corresponde al hombre en la naturaleza y cuál es su relación con el cosmos. El origen de nuestra especie, los límites que condicionan nuestro influjo sobre la naturaleza y el de ésta sobre nosotros, el objetivo que pugnamos por alcanzar, son problemas que se presentan una y otra vez, con indeclinable vigor, a todos los seres vivos de la Tierra.

T. H. HUXLEY, 1863

He aquí que a punto de culminar esta obra volvemos a uno de los temas con que inicié mi exposición: la búsqueda en pos de seres extraterrestres dotados de inteligencia. Se afirma en ocasiones que en el futuro la comunicación interestelar será predominantemente de orden telepático, afirmación que, en el mejor de los casos, me parece una idea festiva. Por el momento no existe ni el más leve indicio que respalde este aserto y, por otra parte, todavía no sé de un solo experimento de transmisión telepática en *este* planeta que sea medianamente convincente. Por lo demás, todavía no estamos en condiciones de llevar a cabo vuelos espaciales interestelares dignos de este nombre, lo cual no excluye que otras civilizaciones más avanzadas sí sean capaces de ello. A pesar de toda la chachara sobre objetos volantes no identificados y astro nautas de remotos tiempos, no existen pruebas concluyentes de que hayamos recibido, o vayamos a recibir, la visita de seres extraterrestres.

Así pues, quedan excluidos de la discusión los artefactos espaciales. La hipotética comunicación con los seres extraterrestres utilizaría, quizás, el espectro electromagnético, y, muy probablemente, la banda que corresponde a las ondas radioeléctricas; o puede que empleara las ondas gravitatorias, los neutrinos, que no son, plausiblemente, sino taquiones (en el supuesto de que existan), o algún nuevo aspecto de la física que no será descubierto hasta que hayan transcurrido otros tres siglos. Pero, sea cual fuere el conducto utilizado para esta comunicación, será preciso disponer de instrumentos y aparatos de detección adecuados, y si hemos de basarnos en la experiencia que nos proporciona la radioastronomía, podemos añadir que serán aparatos regulados por ordenador y con una capacidad analítica muy próxima a lo que llamamos inteligencia. No basta con la mera inspección ocular de los archivos para expurgar entre un montón de datos acumulados a lo largo de muchos días en 1.008 frecuencias distintas y donde la masa informativa puede variar en muy pocos segundos, e incluso fracciones de segundo, sino que se requieren técnicas de autocorrelación y computadores electrónicos de gran tamaño. Por otra parte, esta situación, que rige también para las observaciones que Frank Drake, de la Universidad de Cornell, y yo mismo hemos llevado a cabo recientemente en el observatorio de Arecibo, va a ganar en complejidad —lo que equivale a decir que dependerá en mayor medida de los computadores— cuando entren en funcionamiento los aparatos de escucha que probablemente emplearemos en un futuro próximo. Estamos en condiciones de proyectar programas receptores y transmisores de fabulosa complejidad, y con un poco de suerte emplearemos sutilísimos e ingeniosos ardides; pero ello no impedirá que tengamos que recurrir a las fabulosas dotes de la inteligencia mecánica para proseguir la búsqueda de hipotéticos seres extraterrestres.

El número de avanzadas civilizaciones que hoy puedan existir en la galaxia de la Vía Láctea dependerá de múltiples factores, que van desde el número de planetas que tenga cada estrella hasta la probabilidad de que exista vida en cada uno de ellos. Pero una vez ha surgido la vida en un medio relativamente favorable y han transcurrido miles de millones de años del proceso evolutivo, somos muchos los que creemos en la posibilidad de que en este medio hayan aparecido seres inteligentes. Sin duda, la senda evolutiva sería distinta de la que ha conocido la Tierra. Es muy probable que la secuencia de eventos acaecidos en nuestro planeta —entre ellos la extinción de los dinosaurios y la recesión forestal ocurrida durante el plioceno y el pleistoceno— difiera de la que ha presidido la evolución de la vida en las restantes regiones del universo. Creemos, sin embargo, que han de existir pautas funcionalmente equivalentes que a la postre conduzcan a un resultado parejo. Toda la crónica evolutiva de la Tierra, particularmente la plasmada en la cara interna de los cráneos fósiles, pone de manifiesto esta tendencia progresiva a la formación de organismos inteligentes. Nada misterioso hay en ello, puesto que, por regla general, los seres más inteligentes subsisten en mejores condiciones y dejan más descendencia que los organismos menos dotados. Los detalles dependerán, por supuesto, de las circunstancias, como, por ejemplo, de si el hombre ha exterminado a otros primates en posesión de un lenguaje o de si nuestros antepasados ignoraron a los simios con facultades de comunicación sólo un poco inferiores a las suyas. Pero la

tendencia general parece bastante obvia y debería regir también la evolución de la vida inteligente en otras regiones del universo. Una vez los seres inteligentes han alcanzado un determinado estadio tecnológico y la capacidad de autodestrucción de la especie, los beneficios de la inteligencia en el orden selectivo resultan ya mucho más inciertos.

¿Y qué decir en el supuesto de que recibiésemos un mensaje? ¿Existe algún motivo para pensar que los seres que lo transmiten —evolucionados a lo largo de miles y millones de años de tiempo geológico en un medio completamente distinto del nuestro— se asemejarían lo suficiente a nosotros como para que pudiésemos entenderlo? Creo que la respuesta debe ser afirmativa. Una civilización que transmite mensajes por radio debe tener forzosamente nociones sobre frecuencias, constantes de tiempo y amplitudes de banda, elementos comunes todos ellos a las civilizaciones que transmiten y reciben comunicaciones.

*Estrellas*, por M. C. Escher.

En cierto modo, la situación es comparable a la comunicación entre los radioaficionados, cuyas conversaciones, salvo ocasionales emergencias, se centran casi de forma exclusiva en la mecánica de sus aparatos, porque saben que es el único aspecto de sus vidas que comparten inequívocamente. Pero yo pienso que la situación da pie a mostrarse mucho más esperanzado que todo esto. Sabemos que las leyes de la naturaleza por lo menos algunas de ellas— rigen en el universo todo. La espectroscopia nos indica que en otros planetas, estrellas y galaxias existen los mismos elementos químicos, las mismas moléculas comunes; y el hecho de que los espectros sean iguales demuestra que en otras regiones del universo se dan los mismos mecanismos para inducir a átomos y moléculas a absorber y emitir radiaciones. Asimismo, podemos observar cómo distantes galaxias se desplazan lentamente en torno a otras conforme a las mismas leyes gravitatorias que rigen la órbita de un pequeño satélite artificial girando alrededor de nuestro tenuemente azulado planeta. Se ha comprobado, también, que la gravedad, la mecánica de los cuantos y el núcleo principal de la física y de la química son los mismos por doquier. Es probable que los supuestos organismos dotados de inteligencia que habitan en otros planetas no tengan la misma estructura bioquímica que nosotros. Lo más seguro es que presenten un muy diferente cuadro de adaptaciones —desde las enzimas hasta los órganos corporales— que les permita afrontar las condiciones específicas de los distintos mundos. Aun así, se ven confrontados con las mismas leyes de la naturaleza. Las leyes que rigen la caída de los cuerpos nos parecen muy sencillas. La velocidad de caída de un objeto sometido a una aceleración constante —producto de la fuerza de atracción gravitatoria— es proporcional al tiempo, y el espacio recorrido es proporcional al cuadrado del tiempo. Se trata de relaciones muy elementales que, por lo menos desde los tiempos de Galileo, vienen gozando de una aceptación general. Con todo, es concebible un universo en el que las leyes de la naturaleza revistan mucha más complejidad. El hecho es, empero, que no habitamos en un universo de este tipo. ¿Por qué no? Pues tal vez porque todos los organismos que hallaban demasiado complejo su universo han terminado por extinguirse. Aquellos de nuestros antepasados arborícolas que tenían dificultades para calcular sus trayectorias mientras avanzaban de rama en rama no dejaron numerosa descendencia. La selección natural ha operado como una especie de caza intelectual dando paso a cerebros y a intelectos cada vez mejor dotados para afrontar las leyes de la naturaleza. Esta resonancia entre la mente y el universo, producto de la selección natural, puede ayudarnos a resolver el abstruso dilema planteado por Einstein cuando afirmó que «la propiedad más incomprensible del universo es, precisamente, que sea tan comprensible».

Si ello es así, parece plausible que en otros mundos se haya producido la misma criba que culminó con la aparición de seres inteligentes. Quizá los organismos extraterrestres que carezcan de antepasados en el reino de las aves o de los animales arborícolas no tengan como nosotros la pasión de surcar el espacio. Sin embargo, todas las atmósferas planetarias son relativamente transparentes en las partes visibles y electromagnéticas del espectro, y ello en razón del comportamiento cuántico de los átomos y moléculas que más abundan en el cosmos. En consecuencia, los organismos que pueblan otras regiones del espacio deberían ser sensibles a la radiación óptica y/o a las ondas radioeléctricas. Por lo demás, y tras los avances de la física, la idea de la radiación electromagnética como medio de comunicación interestelar debería ser un hecho corriente a escala cósmica, una noción convergente surgida de manera independiente en incontables mundos de la galaxia después de que cada uno de ellos hubiese cimentado las bases de la astronomía, lo que podríamos llamar «las verdades de la vida». Creo que si tenemos la fortuna de entablar contacto con uno de esos otros seres podremos comprobar cómo su biología, psicología, sociología y concepción política nos resultan extravagantes y misteriosos en grado extremo. Por el contrario, tengo la impresión de que no habría dificultad para una mutua comprensión de los aspectos más simples de la astronomía, la física, la química y, quizás, de la matemática.

Ciertamente, no confío en que los cerebros de estos hipotéticos seres sean anatómica, fisiológica y ni siquiera químicamente iguales a los nuestros. Los cerebros de estos supuestos seres habrían conocido un proceso evolutivo en medios totalmente distintos. No hay más que ver las grandes diferencias orgánicas entre las distintas especies animales que pueblan la Tierra para darse cuenta de las variaciones que admite la fisiología del cerebro. Hay, por ejemplo, un pez africano de agua dulce, el mormírido, que suele vivir en cursos fluviales de aguas turbias, lo que le impide ser visto por los depredadores, por sus presas o por otros peces. El mormírido posee un órgano especial que genera un campo eléctrico y que le permite detectar el paso de cualquier criatura que lo atraviese. Pues bien, esta especie piscícola posee un cerebelo que ocupa toda la parte posterior del cerebro formando una gruesa capa que recuerda el neocórtex de los mamíferos. Pese a que los mormíridos poseen un cerebro tremendamente diferenciado de cualquier otro, desde una perspectiva esencialmente biológica se parecería mucho más al cerebro humano que al de un supuesto ser extraterrestre dotado de inteligencia.

Es probable que, como en nuestro caso, los cerebros de los organismos extraterrestres posean varios o muchos

componentes acrecentados a través de un lento proceso evolutivo. También es posible que, al igual que en el hombre, se dé una tensión entre ellos, por más que el rasgo distintivo de una civilización que ha logrado sobrevivir por largo tiempo y superar los peligros de su entorno radique en la capacidad de arbitrar una paz duradera entre los diversos componentes cerebrales. Muy probablemente, este supuesto organismo extraterrestre habría ampliado también su inteligencia por vía extrasomática, mediante el uso de máquinas capaces de razonar. De todos modos, creo que nuestros cerebros y máquinas acabarán por entenderse y compenetrarse a fondo con los suyos.

Las ventajas de orden práctico y los conocimientos filosóficos que probablemente obtendríamos en el caso de que recibiéramos un largo mensaje de una avanzada civilización, serían sin duda de valor inapreciable. Sin embargo, determinar el alcance de estos beneficios y la rapidez con que lograríamos asimilarlos depende de los detalles contenidos en dicho mensaje, aspecto sobre el que resulta aventurado efectuar predicción alguna. Una cosa, sin embargo, parece obvia, y es que la recepción de un mensaje enviado por una avanzada civilización demostraría, primero, su existencia y, en segundo lugar, que existen métodos para evitar la autodes-trucción, amenaza que tan real se dibuja en nuestra actual fase de adolescencia técnica. De lo dicho se infiere que la recepción de un mensaje interestelar procuraría una ventaja sumamente práctica, que en términos matemáticos se denomina teorema de existencia y que en el caso que nos ocupa consiste en la demostración de que una sociedad puede vivir y progresar en el marco de una avanzada tecnología. La seguridad de que existe una solución ayuda en gran manera a encontrarla. Este es uno de los múltiples y curiosos nexos entre la existencia de vida inteligente en otras regiones del cosmos y la existencia de seres inteligentes en la Tierra.

Aun cuando parece obvio que el incremento del saber y la inteligencia sean el único modo de salir de las dificultades que nos acechan y la única vía de acceso a un futuro halagüeño para la humanidad (o un futuro a secas), en la práctica no siempre se adopta esta postura. A menudo los gobernantes olvidan la diferencia entre beneficios a corto y a largo plazo. Las más trascendentes ventajas prácticas han surgido de los progresos científicos más inverosímiles y en apariencia menos prácticos. Las ondas electromagnéticas son, hoy, el principal conducto en esta búsqueda de comunicación con seres de otros planetas, el medio con que se hace frente a las emergencias, el canal por el que se transmiten las noticias y las llamadas telefónicas y se divulgan por doquier los programas recreativos y de espectáculos. Las ondas electromagnéticas fueron introducidas por el físico escocés James Clerk Maxwell como elemento corrector y complementador del sistema de ecuaciones diferenciales parciales hoy conocidas como las ecuaciones de Maxwell. El nombre que les asignó inicialmente fue el de corriente de desplazamiento, y si propuso su introducción fue, ante todo, porque suponía conferir un mayor atractivo estético a dicho sistema de ecuaciones.

El universo es intrincado y fascinante. Arrancamos secretos a la naturaleza por las sendas más insólitas. Por supuesto, las sociedades deberán adoptar toda clase de precauciones a la hora de decidir qué tecnologías —es decir, qué aplicaciones de la ciencia— deben desarrollarse y cuáles no. Pero si no consolidamos la investigación básica, si no se propicia la adquisición de conocimientos por su valor intrínseco, nuestras opciones de futuro quedarán peligrosamente limitadas. Bastaba con que un físico entre mil diera con algo como la corriente de desplazamiento para convertir el respaldo de este millar en una fabulosa inversión social. Sin una estimulación decidida, continuada y amplia de la investigación básica corremos el riesgo de comernos la simiente que utilizamos para la siembra, es decir, conseguimos atajar el hambre un invierno más, pero renunciamos a la última esperanza de supervivencia de cara al siguiente invierno.

La placa de los *Pioneer 10* y *11*, los primeros vehículos de la humanidad en aventurarse por el espacio interestelar. Las placas de oro y aluminio anodizado contienen información científica sobre los logros del ser humano en el planeta Tierra. Con todo, es indudable que podrían mejorarse estas informaciones a través de mensajes radiados interestelares.

En una época en ciertos aspectos parecida a la nuestra, san Agustín de Hipona, después de una juventud licenciosa y mentalmente expansiva decidió retraerse del mundo de las sensaciones y del intelecto y aconsejó a otros que hicieran lo propio: «Existe otra forma de tentación que entraña incluso mayor peligro. Es la enfermedad de la curiosidad... Ella nos impulsa a querer desentrañar los secretos de la naturaleza, secretos que escapan a nuestra comprensión, que nada pueden reportarnos y a los que los hombres debieran renunciar... En medio de esta inmensa jungla llena de acechanzas y de peligros, he retrocedido y me he apartado de estas espinas. Flota a mi alrededor ese sinnúmero de cosas que nos trae la vida de cada día, pero ni me sorprende ni dejo que me cautive el genuino deseo que siento de estudiarlas... He renunciado a soñar en las estrellas». La muerte de san Agustín, acaecida en el año 430 de nuestra era, marca en Europa el comienzo de la larga noche medieval o, dicho de otra manera, de la época del oscuro rancismo.

En el último capítulo de *The ascent of man*, Bronowski se confiesa entristecido «al verme súbitamente rodeado, en Occidente, por un sentimiento de pavoroso achicamiento, de retroceso ante el saber». Supongo que, en parte, Bronowski se refería a la limitada comprensión y escaso valor que se concede a la ciencia y a la técnica —que tanto han contribuido a configurar nuestra existencia y la de múltiples civilizaciones— en el ámbito de las comunidades sociales y políticas; pero también a la creciente popularidad de diversas pseudociencias, de una ciencia marginal y populachera, del misticismo y de la magia.

En la actualidad se observa en Occidente (no así en los países del Este) un renovado interés por doctrinas ambiguas, anecdóticas y a menudo manifiestamente erróneas que, si fueran ciertas, descubrirían cuando menos la

existencia de un universo más sugestivo, pero que no siéndolo, implican una desidia intelectual, una endeblez mental y una dispersión de energías muy poco prometedoras de cara a nuestra supervivencia. Entre dichas doctrinas se cuenta la astrología (según la cual, al nacer yo una serie de astros situados a cien billones de millas de distancia se conjuntan en una *casa* o *morada* que condiciona fatalmente mi destino); está, también, el «misterio» del triángulo de las Bermudas (que en sus varias versiones alude a la existencia de unos objetos volantes no identificados con base en las aguas costeras de dichas islas que engullen buques y aeronaves); los relatos sobre platillos volantes en general; la creencia en astronautas que vivieron en un pasado remoto; la fotografía de espectros; la piramidología (que, entre otras muchas cosas, sostiene la peregrina idea de que si guardo mi hoja de afeitar en el interior de una pirámide de cartón en vez de hacerlo en un estuche rectangular, conservo el filo mucho más cortante); la es-cientología; las auras y la fotografía kirliana; la vida emocional y preferencias musicales de los geranios; la cirugía psíquica; los modernos augures y profetas; el doblamiento a distancia de cuchillos y otros objetos cortantes; las proyecciones astrales; el catastrofismo velikovskiano; Atlantis y Mu; el espiritismo; y la doctrina de la creación específica del hombre, por parte de un dios o dioses, pese a la estrechísima relación que nos une con las restantes especies animales, tanto en el plano de la bioquímica como de la fisiología cerebral. Tal vez exista un atisbo de verdad en alguna de estas doctrinas, pero la amplia aceptación de que gozan trasluce una absoluta falta de rigor intelectual, una grave carencia de escepticismo y la necesidad de sustituir la experimentación por el propio deseo. Por regla general son —excúsenme la expresión— teorías generadas en el sistema límbico y en el hemisferio derecho, filigranas de la ensoñación, respuestas naturales —el término es, indudablemente, muy apropiado al caso— y humanas a la complejidad del medio que nos rodea. Pero son también doctrinas místicas y ocultas, concebidas de tal forma que eluden toda refutación y no pueden ser contrastadas con argumentos racionales. Por contra, estimo que la apertura hacia un futuro esclarecedor sólo puede venir dada a través de la plena operatividad del neocórtex. Debe llegarnos de la razón, entremezclada con la intuición y los componentes del sistema límbico y del complejo R, desde luego, pero de la razón al fin y al cabo, lo que supone una valerosa asunción del mundo tal como es en realidad.

Sólo durante el último día del calendario cósmico aparecen en la Tierra mecanismos intelectuales dignos de mención. El funcionamiento conjuntado de ambos hemisferios cerebrales es el instrumento con que la naturaleza nos ha provisto para que podamos sobrevivir, y no es probable que la especie humana consiga este objetivo sin hacer un uso cabal y creativo de nuestro entendimiento.

«Somos una civilización científica —ha dicho Jacob Bronowski—. Eso significa una civilización en la que el saber y su integridad son factores cruciales. Ciencia no es más que una palabra latina que significa conocimiento... Nuestro destino es el conocimiento.»

## Bibliografía

- Allison, T., y D. V. Cicchetti, «Sleep in Mammals: Ecological and Constitutional Correlates», *Science*, vol. 149 (1976), pp. 732-734. Arehart-Treichel, Joan, «Brain Peptides and Psychopharmacology», *Science News*, vol. 110 (1976), pp. 202-206. Aronson, L. R., E. Tobach, D. S. Lehrman y J. S. Rosenblatt, eds., *Development and Evolution of Behavior: Essays in Memory of T. C. Schneirla*, W. H. Freeman, San Francisco, 1970. Bakker, Robert T., «Dinosaur Renaissance», *Scientific American*, vol. 232 (abril de 1975), pp. 58-72 ss. Bitterman, M. E., «Phyletic Differences in Learning», *American Psychologist*, vol. 20 (1965), pp. 396-410. Bloom, F., D. Segal, N. Ling y R. Guillemin, «Endorphins: Profound Behavioral Effects in Rats Suggest New Etiological Factors in Mental Illness», *Science*, vol. 194 (1976), pp. 630-632. Bogen, J. E., «The Other Side of the Brain. II. An Appositional Mind», *Bulletin Los Angeles Neurological Societies*, vol. 34 (1969), pp. 135-162. Bramlette, M. N., «Massive Extinctions in Biota at the End of Mesozoic Time», *Science*, vol. 148 (1965), pp. 1.696-1.699. Brand, Stewart, *Two Cybernetic Frontiers*, Random House, Nueva York, 1974. Brazier, M. A. B., *The Electrical Activity of the Nervous System*, Macmillan, Nueva York, 1960. Bronowski, Jacob, *The Ascent of Man*, Little, Brown, Boston, 1973. Britten, R. J., y E. H. Davidson, «Gene Regulation for Higher Cells: A Theory», *Science*, vol. 165 (1969), pp. 349-357. Clark, W. E. LeGros, *The Antecedents of Man: An Introduction to the Evolution of the Primates*, Edinburgh University Press, Edimburgo, 1959.
- 244 *Los dragones del Edén*
- Colbert, Edwin, *Dinosaurs: Their Discovery and Their World*, E. P. Dutton, Nueva York, 1961. Colé, Sonia, *Leakey's Luck: The Life of Louis S. B. Leakey*, Harcourt Brace Jovanovich, Nueva York, 1975. Coppens, Yves, «The Great East African Adventure», *CNRS Research*, vol. 3, n.º 2 (1976), pp. 2-12. Coppens, Yves, F. Clark Howell, Glynn I. Isaac y Richard E. F. Leakey, eds., *Earliest Man and Environments in the Lake Rudolf Basin: Stratigraphy, Palaeoecology and Evolution*, University of Chicago Press, Chicago, 1976. Culliton, Barbara J., «The Haemmerli Affair: Is Passive Euthanasia Murder?», *Science*, vol. 190 (1975), pp. 1.271-1.275. Cutler, Richard G., «Evolution of Human Longevity and the Genetic Complexity Governing Aging Rate», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 72 (1975), pp. 4.664-4.668. Dement, William C, *Some Must Watch While Some Must Sleep*, W. H. Freeman, San Francisco, 1974. DeRenzi, E., P. Faglioni y H. Spinnler, «The Performance of Patients with Unilateral Brain Damage on Face Recognition Tasks», *Cortex*, vol. 4 (1968), pp. 17-34. Dewson, J. H., «Preliminary Evidence of Hemispheric Asymmetry of Auditory Function in Monkeys», en *Lateralization in the Nervous System*, S. Harnad, ed., Academic Press, Nueva York, 1976. Dimond, Stuart, Linda Farrington y Peter Johnson, «Differing Emotional Responses from Right and Left Hemispheres», *Nature*, vol. 261 (1976), pp. 690-692. Dimond, S. J., y J. G. Beaumont, eds., *Hemisphere Function in the Human Brain*, Wiley, Nueva York, 1974. Dobzhansky, Theodosius, *Mankind Evolving: The Evolution of the Human Species*, Yale University Press, New Haven, Conn., 1962. Doty, Robert W., «The Brain», *Britannica Yearbook of Science and the Future*, Encyclopaedia Britannica, Chicago, 1970, pp. 34-53. Eccles, John C, *The Understanding of the Brain*, McGraw-Hill, Nueva York, 1973. —, ed., *Brain and Conscious Experience*, Springer-Verlag, Nueva York, 1966. Eimerl, Sarel, e Irvén DeVore, *The Primates*, Life Nature Library, Time, Inc., Nueva York, 1965. Farb, Peter, *Man's Rise to Civilization as Shown by the Indians of North America from Primeval Times to the Coming of the Industrial State*, E. P. Dutton, Nueva York, 1968.

Bibliografía 245

- Fink, Donald G., *Computers and the Human Mind: An Introduction to Artificial Intelligence*, Doubleday Anchor Books, Nueva York, 1966. Frisen, John H., «Research on Primate Behavior in Japan», *American Anthropologist*, vol. 61 (1959), pp. 584-596. Fromm, Erich, *The Forgotten Language: An Introduction to the Understanding of Dreams, Fairy Tales and Myths*, Grove Press, Nueva York, 1951. Galin, D., y R. Ornstein, «Lateral Specialization of Cognitive Mode: An EEG Study», *Psychophysiology*, vol. 9 (1972), pp. 412-418. Gantt, Elizabeth, «Phycobilisomes: Light-Harvesting Pigment Complexes», *Bioscience*, vol. 25 (1975), pp. 781-788. Gardner, R. A., y Beatrice T. Gardner, «Teaching Sign-Language to a Chimpanzee», *Science*, vol. 165 (1969), pp. 664-

- Gazzaniga, M. S., «The Split Brain in Man», *Scientific American*, vol. 217 (1967), pp. 24-29.
- , «Consistency and Diversity in Brain Organization», *Proceedings Conference on Evolution and Lateralization of the Brain, Annals of the New York Academy of Sciences*, 1977.
- Gerard, Ralph W., «What Is Memory?», *Scientific American*, vol. 189 (septiembre de 1953), pp. 118-126.
- Goodall, Jane, «Tool-Using and Aimed Throwing in a Community of Free-Living Chimpanzees», *Nature*, vol. 201 (1964), pp. 1.264-1.266.
- Gould, Stephen Jay, «This View of Life: Darwin's Untimely Burial», *Natural History*, vol. 85 (octubre de 1976), pp. 24-30.
- Gray, George W., «The Great Ravelled Knot», *Scientific American*, vol. 179 (octubre de 1948), pp. 26-39.
- Griffith, Richard M., Otoyá Miyagi y Akira Tago, «The Universality of Typical Dreams: Japanese vs. Americans», *American Anthropologist*, vol. 60 (1958), pp. 1.173-1.179.
- Grinspoon, Lester, J. R. Ewalt, y R. I. Schader, *Schizophrenia: Pharma- cotherapy and Psychotherapy*, Williams & Wilkins, Baltimore, 1972.
- Hamilton, C. R., «An Assessment of Hemispheric Specialization in Monkeys», *Proceedings Conference on Evolution and Lateralization of the Brain, Annals of the New York Academy of Sciences*, 1977.
- Hacner, M. J., ed., *Hallucinogens and Shamanism*, Oxford University Press, Londres, 1973.
- Harris, Marvin, *Cows, Pigs, Wars and Witches: The Riddles of Culture*, Random House, Nueva York, 1974.
- Hartmann, Ernest L., *The Functions of Sleep*, Yale University Press, New Haven, Conn., 1973.
- Hayes, C., *The Ape in Our House*, Harper, Nueva York, 1951.
- 246 *Los dragones del Edén*

- Herrick, C. Judson, «A Sketch of the Origin of the Cerebral hemispheres», *Journal of Comparative Neurology*, vol. 32 (1921), pp. 429-454. Hollóway, Ralph L., «Cranial Capacity and the Evolution of the Human Brain», *American Anthropologist*, vol. 68 (1966), pp. 103-121. —, «The Evolution of the Primate Brain: Some Aspects of Quantitative Relations», *Brain Research*, vol. 7 (1968), pp. 121-172. Howell, F. Clark, *Early Man*, Life Nature Library, Time, Inc., Nueva York, 1965.
- Howells, William, *Mankind in the Making: The Story of Human Evolution*, Rev. ed. Doubleday, Nueva York, 1967.
- Hubel, D. H., y T. N. Wiesel, «Receptive Fields of Single Neurons in the Cat's Striate Cortex», *Journal of Physiology*, vol. 150 (1960), pp. 91-104. Ingram, D., «Cerebral Speech Lateralization in Young Children», *Neuropsychologia*, vol. 13 (1975), pp. 103-105. Jerison, H. J., *Evolution of the Brain and Intelligence*, Academic Press, Nueva York, 1973.
- , «The Theory of Encephalization», *Proceedings Conference on Evolution and Lateralization of the Brain, Annals of the New York Academy of Sciences*, Nueva York, 1977. Keller, Helen, *The Story of My Life*, Nueva York, 1902. Korsakov, S., «On the Psychology of Microcephalies (1893)», reed. en *American Journal of Mental Deficiency Research*, vol. 4 (1957), pp. 42-47. Kroeber, T., *Ishi in Two Worlds*, University of California Press, Berkeley, 1961.
- Kurtén, Bjorn, *Not from the Apes: History of Man's Origins and Evolution*, Vintage Books, Nueva York, 1972. La Barre, Weston, *The Human Animal*, University of Chicago Press, Chicago, 1954. Langer, Susanne, *Philosophy in a New Key: A Study in the Symbolism of Reason, Rite and Art*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1942. Lashley, K. S., «Persistent Problems in the Evolution of Mind», *Quarterly Review of Biology*, vol. 24 (1949), pp. 28-42. —, «In Search of the Engram», *Symposia of the Society of Experimental Biology*, vol. 4 (Nueva York, 1950), pp. 454-482. Leakey, Richard E., «Hominids in África», *American Scientist*, vol. 64, n.º 2 (1976), p. 174. Leakey, R. E. F., y A. C. Walker, «*Australopithecus, Homo erectus* and the Single Species Hypothesis», *Nature*, vol. 261 (1976), pp. 572-574.

Bibliografía 247

- Lee, Richard, e Irven DeVore, eds., *Man, the Hunter*, Aldine, Chicago, 1968.
- Le May, M., y N. Geschwind, «Hemispheric Differences in the Brains of Great Apes», *Brain Behavior and Evolution*, vol. 11 (1975), pp. 48-52.
- Lettvin, J. Y., H. R. Maturana, W. S. McCulloch y W. J. Pitts, «What the Frog's Eye Tells the Frog's Brain», *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, vol. 47 (1959), pp. 1.940-1.951.
- Lieberman, P., D. Klatt y W. H. Wilson, «Vocal Tract Limitations on the Vowel Repertoires of Rhesus Monkeys and Other Non-Human Primates», *Science*, vol. 164 (1969), pp. 1.185-1.187.
- Linden, Eugene, *Apes, Men and Language*, E. P. Dutton, Nueva York, 1974.
- Longuet-Higgins, H. C., «Perception of Melodies», *Nature*, vol. 263 (1976), pp. 646-653.
- MacLean, Paul D., *On the Evolution of Three Mentalities* (trabajo inédito).
- , *A Triune Concept of the Brain and Behaviour*, University of Toronto Press, Toronto, 1973.
- McCulloch, W. S., y W. Pitts, «A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity», *Bulletin of Mathematical Biophysics*, vol. 5(1943), pp. 115-133.

- McHenry, Henry, «Fossils and the Mosaic Nature of Human Evolution», *Science*, vol. 190 (1975), pp. 425-431.
- Meddis, Ray, «On the Function of Sleep», *Animal Behaviour*, vol. 23 (1975), pp. 676-691.
- Mettler, F. A., *Culture and the Structural Evolution of the Neural System*, American Museum of Natural History, Nueva York, 1956.
- Milner, Brenda, Suzanne Corkin y Hans-Lukas Teuber, «Further Analysis of the Hippocampal Amnesic Syndrome: 14-Year Follow-up Study of H. M.», *Neuropsychologia*, vol. 6 (1968), pp. 215-234.
- Minsky, Marvin, «Artificial Intelligence», *Scientific American*, vol. 214 (1966), pp. 19-27.
- Mittwoch, Úrsula, «Human Anatomy», *Nature*, vol. 261 (1976), p. 364.
- Nfcbes, D., y R. W. Sperry, «Hemispheric Disconnection Syndrome with Cerebral Birth Injury in the Dominant Arm Área», *Neuropsychologia*, vol. 9 (Nueva York, 1971), pp. 247-259.
- Oxnard, C. E., «The Place of the Australopithecines in Human Evolution: Grounds for Doubt?», *Nature*, vol. 258 (1975), pp. 389-395.
- Penfield, W., y T. C. Erickson, *Epilepsy and Cerebral Localization*, Charles C. Thomas, Springfield, 111., 1941. 248 *Los dragones del Edén*
- Penfield, W., y L. Roberts, *Speech and Brain Mechanisms*, Princeton University Press, Princeton, N. J., 1959. Pilbeam, David, *The Ascent of Man: An Introduction to Human Evolution*, Macmillan, Nueva York, 1972. Pilbeam, D., y S. J. Gould, «Size and Scaling in Human Evolution», *Science*, vol. 186 (1974), pp. 892-901.
- Platt, John R., *The Step to Man*, John Wiley, Nueva York, 1966. Ploog, D. W., J. Blitz y F. Ploog, «Studies on Social and Sexual Behavior of the Squirrel Monkey (*Saimiri sciureus*)», *Folia Primatologica*, vol. 1 (1963), pp. 29-66. Poliakov, G. I., *Neuron Structures of the Brain*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1972.
- Premack, David, «Language and Intelligence in Ape and Man», *American Scientist*, vol. 64 (1976), pp. 674-683.
- Pribram, K. H., *Languages of the Brain*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1971. Radinsky, Leonard, «Oldest Horse Brains: More Advanced than Previously Realized», *Science*, vol. 194 (1976), pp. 626-627. Rail, W., «Theoretical Significance of Dendritic Trees for Neuronal Input-Output Relations», en *Neural Theory and Modeling*, R. F. Reiss, ed., Stanford University Press, Stanford, 1964.
- Rose, Steven, *The Conscious Brain*, Alfred A. Knopf, Nueva York, 1973. Rosenzweig, Mark R., Edward L. Bennett y Marian Cleeves Diamond, «Brain Changes in Response to Experience», *Scientific American*, vol. 226, n.º 2 (febrero de 1972), pp. 22-29. Rumbaugh, D. M., T. V. Gilí y E. C. von Glaserfeld, «Reading and Sentence Completion by a Chimpanzee», *Science*, vol. 182 (1973), pp. 731-735. Russell, Dale, A., «A New Specimen of *Stenonychosaurus* from the Oldman Formation (Cretaceous) of Alberta», *Canadian Journal of Earth Sciences*, vol. 6 (1969), pp. 595-612. — «Reptilian Diversity and the Cretaceous-Tertiary Transition in North America», Geological Society of Canada Special Paper, n.º 13 (1973), pp. 119-136. Sagan, Carl, *The Cosmic Connection: An Extraterrestrial Perspective*, Doubleday, Nueva York, 1973; y Dell, Nueva York, 1975 (hay trad. cast.: *La conexión cósmica*, Plaza & Janes, Barcelona, 1990<sup>3</sup>). —, ed., *Communication with Extraterrestrial Intelligence*, MIT Press, Cambridge, Mass., 1973 (hay trad. cast.: *Comunicación con inteligencias extraterrestres*, Planeta, Barcelona, 1980).
- Schmitt, Francis O., Dev Parvati y Barri H. Smith, «Electrotonic Proces-

Bibliografía 249

- sing of Information by Brain Cells», *Science*, vol. 193 (1976), pp. 114-120.
- Schaller, George, *The Mountain Gorilla: Ecology and Behavior*, University of Chicago Press, Chicago, 1963.
- Schank, R. C., y K. M. Colby, eds., *Computer Models of Thought and Language*, W. H. Freeman, San Francisco, 1973.
- Shklovskit, J. S., y Carl Sagan, *Intelligent Life in the Universe*, Dell, Nueva York, 1967.
- Snyder, F., «Toward an Evolutionary Theory of Dreaming», *American Journal of Psychiatry*, vol. 123 (1966), pp. 121-142.
- Sperry, R. W., «Perception in the Absence of the Neocortical Commissures», en *Perception and Its Disorders*, Research Publication of the Association for Research in Nervous and Mental Diseases, vol. 48, 1970.
- Stahl, Barbara J., «Early and Recent Primitive Brain Forms», *Proceedings of the Conference on Evolution and Lateralization of the Brain, Annals of the New York Academy of Sciences*, 1977.
- Swanson, Carl P., *The Natural History of Man*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1973.
- Teng, Evelyn Lee, P. H. Lee, K. S. Yang y P. C. Chang, «Handedness in a Chinese Population: Biological, Social and Pathological Factors», *Science*, vol. 193 (1976), pp. 1.148-1.150.
- Teuber, Hans-Lukas, «Effects of Focal Brain Injury on Human Behavior», en *The Nervous System*, Donald B. Tower, ed., vol. 2: *The Clinical Neurosciences*. Raven Press, Nueva York, 1975.
- Teuber, Hans-Lukas, Brenda Milner y H. G. Vaughan, Jr., «Persistent Anterograde Amnesia after Stab Wound of the Basal Brain», *Neuropsychologia*, vol. 6 (1968), pp. 267-282.
- Tower, D. B., «Structural and Functional Organization of Mammalian Cerebral Cortex: The Correlation of Neurone Density with Brain Size», *Journal of Comparative Neurology*, vol. 101 (1954), pp. 19-51.
- Trotter, Robert J., «Language Evolving, Part II», *Science News*, vol. 108 (1975), pp. 378-383.
- , «Sinister Psychology», *Science News*, vol. 106 (5 de octubre de 1974), pp. 220-222.



- Turkewitz, Gerald, «The Development of Lateral Differentiation in the Human Infant», *Proceedings of the Conference on Evolution and Lateralization of the Brain, Annals of the New York Academy of Sciences*, 1977.
- Vacroux, A., «Microcomputers», *Scientific American*, vol. 232 (mayo de 1975), pp. 32-40.
- 250 *Los dragones del Edén*
- Van Lawick-Goodall, Jane, *In the Shadow of Man*, Houghton-Mifflin, Boston, 1971.
- Van Valen, Leigh, «Brain Size and Intelligence in Man», *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 40.
- Von Neumann, John, *The Computer and the Brain*, Yale University Press, New Haven, Conn., 1958.
- Wallace, Patricia, «Unravelling the Mechanism of Memory», *Science*, vol. 190 (1975), pp. 1.076-1.078.
- Warren, J. M., «Possibly Unique Characteristics of Learning by Primates», *Journal of Human Evolution*, vol. 3 (1974), pp. 445-454.
- Washburn, Sherwood L., «Tools and Human Evolution», *Scientific American*, vol. 203 (septiembre de 1960), pp. 62-75.
- Washburn, S. L., y R. Moore, *Ape Into man*, Little, Brown, Boston, 1974
- Webb, W B., *Sleep, The Gentle Tyrant*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1975.
- Weizenbaum, Joseph, «Conversations with a Mechanical Psychiatrist», *The Harvard Review*, vol. 111, n.º 2 (1965), pp. 68-73.
- Wendt, Herbert, *In Search of Adam*, Collier Books, Nueva York, 1963
- Witelson, S. F., y W. Pallie, «Left hemisphere Specialization for Language in the Newborn: Neuroanatomical Evidence of Asymmetry», *Brain*, vol. 96 (1973), pp. 641-646.
- Yeni-Komshian, G. H., y D. A. Bensch, «Anatomical Study of Cerebral Asymmetry in the Temporal lobe of Humans, Chimpanzees, and Rhesus Monkeys», *Science*, vol. 192 (1976), pp. 387-389.
- Young, J. Z., *A Model of the Brain*, Clarendon Press, Oxford, 1964,

**acceso.** En la jerga de los computadores, se denomina así al proceso destinado a obtener o recuperar datos de una unidad periférica.

**ácido nucleico.** Material genético de todos los seres vivos de la Tierra. Es una molécula compuesta de largas cadenas de unidades llamadas nucleótidos, por lo común enrolladas en doble hélice. Existen dos clases principales de ácidos nucleicos, el ADN y el ARN.

**ADN.** Ácido desoxirribonucleico. Véase *ácido nucleico*.

**afasia.** En sentido general, merma o pérdida de la capacidad de articular ideas mediante todo tipo de lenguaje. En sentido más estricto alude a la incapacidad de discernir el significado de las palabras pronunciadas de viva voz. Compárese con *alexia*.

**alexia.** Merma o pérdida de la capacidad de comprender el lenguaje escrito o impreso, tanto si se trata de palabras sueltas como de oraciones. Compárese con *afasia*.

**Ameslan (ameslano).** Nombre que se aplica en Norteamérica al lenguaje gestual o alfabeto para sordomudos.

**amígdala.** Componente del sistema límbico, en forma de almendra, contiguo al lóbulo temporal del neocórtex.

**anáglifo.** Representación estereoscópica plana de una imagen tridimensional. Casi siempre está compuesta por puntitos rojos y verdes y se contempla con gafas de uno y otro color.

**área de Broca.** Porción del neocórtex que guarda estrecha relación con el habla.

**armazón neural.** Conjunto integrado por la médula espinal, el cerebro posterior y el cerebro medio.

**ARN.** Ácido ribonucleico. Véase *ácido nucleico*.

**bilateral.** Por ambas partes.

**bit.** Unidad binaria de información. Un bit es la respuesta a una cuestión que sólo admite un «sí» o un «no» como respuesta.

**bulbos olfatorios.** Componentes del cerebro unidos a la parte delantera del cerebro anterior y que desempeñan un importante papel en la percepción de olores.

**cerebelo.** Masa cerebral alojada en la parte de la cabeza correspondiente a la nuca, debajo de la corteza cerebral posterior y encima del puente y la médula oblongada del rombencéfalo. Al igual que el neocórtex, se compone de dos hemisferios.

**cerebro anterior.** También llamado prosencéfalo. La parte evolutivamente más moderna de las tres principales divisiones del cerebro de los vertebrados. A su vez se divide en complejo R, sistema límbico y neocórtex.

**cerebro medio.** También llamado mesencéfalo. Región intermedia del cerebro de los vertebrados, entre el cerebro anterior y el posterior.

**cerebro posterior.** También llamado rombencéfalo. La parte más primitiva del cerebro, que incluye el puente de Varolio, el cerebelo, la médula oblongada y la parte superior de la médula espinal.

**cerebro trino.** Idea avanzada muy recientemente por Paul MacLean según la cual el cerebro anterior está formado por tres sistemas cognoscitivos que han evolucionado por separado y que, hasta cierto punto, funcionan de manera independiente.

cetáceos. Orden de mamíferos acuáticos que comprende a las ballenas y delfines.

**cigoto.** Huevo u óvulo fecundado.

**circunvolución.** Véase *giro*.

**comisura anterior.** Haz relativamente pequeño de fibras nerviosas que une los hemisferios cerebrales derecho e izquierdo del neocórtex. Compárese con *cuerno calloso*.

**comisura del hipocampo.** Haz relativamente pequeño de fibras nerviosas que une los hemisferios derecho e izquierdo de la corteza cerebral cerca del hipocampo. Compárese con *cuerno calloso*.

**complejo R o complejo reptílico.** La parte evolutivamente más primitiva del cerebro anterior.

**corteza cerebral (córtex).** En el hombre y en los mamíferos superiores designa la capa superficial más extensa de los hemisferios cerebrales, determinante en buena parte de los actos prototípicos del hombre. A veces se usa con el mismo significado que neopallio o neocórtex.

**corteza motora.** Porción del neocórtex que regula el movimiento y la función de los miembros.

**craneotomía.** Seccionamiento o extirpación de una parte del cráneo, en general como paso previo a la intervención quirúrgica del cerebro.

**cromosomas.** Cuerpos filamentosos que contienen el material hereditario (genes). Están integrados únicamente por ácidos nucleicos.

**cuerno calloso.** La gran comisura o haz de fibras nerviosas que forman la principal conexión entre los hemisferios izquierdo y derecho de la corteza cerebral.

**electrodo.** Conductor eléctrico sólido por el que fluye una corriente eléctrica. El electroencefalógrafo registra a través de los electrodos las corrientes eléctricas que genera el cerebro.

**electroencefalógrafo (EEG).** Aparato consistente en una serie de amplificadores y en una pluma-registro que transcribe de forma automática sobre un cilindro giratorio. Se usa para registrar las corrientes eléctricas cerebrales transmitidas mediante electrodos aplicados a la cabeza del paciente. Se utiliza como fórmula de diagnóstico médico y en los estudios sobre la función del cerebro.

**endocraneal.** Relativo a la cara interna del cráneo.

**endorfinas.** Pequeñas proteínas cerebrales producidas en el interior del organismo susceptibles de originar diversidad de estados emocionales, o de otro signo, en los animales.

**equipotente.** Que posee idéntica capacidad. De manera específica, la teoría de que para determinadas funciones cognoscitivas y de otro tipo cualquier parte del cerebro puede reemplazar a otra en la realización de las mismas.

**extirpación.** Suprimir por entero una unidad del cerebro, normalmente mediante una intervención quirúrgica.

**función ecológica.** Papel que corresponde al organismo en la naturaleza.

**gameto.** Esperma o célula reproductora capaz de participar en la fecundación. Contienen un número haploide de cromosomas.

**giro.** También llamada circunvolución. Una de las prominentes elevaciones tubulares que asoman en la superficie del neocórtex.

**haploide.** Que posee un número de cromosomas igual a la mitad de los contenidos en un cuerpo ordinario o célula somática. Por ejemplo, en el hombre cada célula somática tiene 46 cromosomas, pero un gameto posee sólo 23.

**hipocampo.** Formación del sistema límbico relacionada con la memoria.

**hiotálamo.** Porción del sistema límbico situada en la base del tálamo y que, entre otras funciones, ayuda a regular la temperatura del cuerpo y los procesos metabólicos.

**información extragenética.** Información acumulada con independencia de los genes, normalmente por vía discursiva o como legado cultural.

**información extrasomática.** Información no contenida en el organismo (por ejemplo, un libro).

**lateralización.** Separación de funciones entre dos lados, en especial los hemisferios derecho e izquierdo del neocórtex. **lesión.** Corte, herida o daño en general. Algunas lesiones cerebrales son resultado de un accidente y otras consecuencia de una intervención quirúrgica. **lobotomía.** Incisión quirúrgica o lesión de uno de los lóbulos neocorticales. **lóbulos del neocórtex.** Véase *lóbulo frontal*, *lóbulo occipital*, *lóbulo parietal* y *lóbulo temporal*. **lóbulo frontal.** Porción del neocórtex situada aproximadamente debajo de la frente.

**lóbulo occipital.** Porción del neocórtex situada aproximadamente debajo de la base posterior del cráneo. **lóbulo parietal.** Aproximadamente, la porción media de cada hemisferio cerebral del neocórtex.

**lóbulo temporal.** Porción del neocórtex situada aproximadamente debajo de las sienas. **localización de la función cerebral.** El hallazgo de que ciertas partes del cerebro llevan a cabo determinadas funciones que les son propias.

Hipótesis opuesta a la del cerebro *equipo ten te*. **médula oblongada.** Porción del cerebro que se continúa con la médula espinal. Forma parte del cerebro posterior. **memoria duradera.** Aquella que se conserva durante un lapso de tiempo sustancial, por lo general más de un día.

**memoria efímera.** Aquella que se conserva por breves periodos de tiempo, normalmente menos de un día.

**microcefálico.** Dícese del sujeto que posee una cabeza más pequeña de lo corriente. Esta condición suele ir acompañada de una considerable merma de las facultades mentales. **mutación.** Cambio hereditario que se produce en los ácidos nucleicos de los cromosomas. **neocórtex.** La capa más externa y evolutivamente más moderna de la corteza cerebral. A veces se le otorga el mismo significado que a este último término. **neurona.** Célula nerviosa; unidad fundamental del sistema nervioso y del cerebro.

**nucleótido.** Elemento fundamental de los ácidos nucleicos. **pituitaria.** Glándula endocrina «rectora» situada en el sistema límbico, aunque cerca del cerebro medio. Influye en el crecimiento e interviene en la actividad de otras glándulas endocrinas. **plasticidad.** Ductilidad, adaptabilidad, capacidad para ser formado o moldeado y, de manera específica, la facultad de asimilar las enseñanzas del medio exterior.

presión selectiva. En el cuadro de la teoría evolucionista, la influencia del medio en la selección de una serie de rasgos genéticos con fines de supervivencia y de reproducción.

*prewired.* En la jerga de los computadores, información asentada en el lugar que le corresponde. También se le llama *hard-mred*. Cuanta más *prevúring*, menos plasticidad.

primates. Orden (una de las clasificaciones taxonómicas) de mamíferos que comprende al hombre y a los lémures, los monos y los grandes simios.

procesos primarios. Término psicoanalítico que designa a las funciones inconscientes básicas del cerebro.

**proteínas.** Junto con los ácidos nucleicos, principal base molecular de la vida en la Tierra. Las proteínas están compuestas de unidades constitutivas llamadas aminoácidos y, por lo común, presentan repliegues y curvaturas notables. Algunas proteínas tienen forma esférica y otras semejan esculturas abstractas autoestables. Todas las enzimas, sustancias que controlan el ritmo de las reacciones químicas en la célula, son proteínas. Los ácidos nucleicos regulan la síntesis y la activación de las enzimas.

psicomotor. Que está relacionado con la regulación mental de los procesos musculares.

punto (*pons*). También llamado *punte de Varolio*. Arco neural que une la médula oblongada con el cerebro medio. Forma parte del cerebro posterior.

recapitulación (o recapitulación de la filogenia por la ontogenia). La repetición manifiesta, durante el desarrollo embrionario de un organismo, de un estado embrionario propio de los antecesores de la especie.

REM (*rapid eye movements*). Movimiento rápido conjugado de los ojos, en especial el que se produce en los párpados durante los periodos de ensoñación a lo largo del sueño. En consecuencia, caracterización de  $\chi$  las ensoñaciones.

selección **natural.** Mecanismo principal de la evolución biológica, descrito en un principio por Darwin y Wallace. Sostiene que los organismos accidentalmente más adaptados al medio sobreviven mejor y dejan más descendientes en la generación siguiente que los menos dotados.

sinapsis. Conjunción de dos neuronas; punto desde el cual se transmite el impulso eléctrico de una neurona a otra.

**sistema límbico.** Parte del cerebro anterior que ocupa una posición intermedia, tanto por su situación como por su antigüedad, entre el complejo R y el neocórtex.

**tálamo.** Porción del sistema límbico próxima al centro del cerebro. En tre otras funciones, proyecta estímulos sensoriales al neocórtex.

**taxón.** Grupo de organismos clasificados conforme a sus rasgos comunes, desde los que presentan diferencias de poca monta, como la raza y la subespecie, hasta los muy diferenciados, como los reinos animal y vegetal.

**tomía** (sufijo). Seccionamiento del órgano antepuesto a dicho sufijo, como, por ejemplo, *craneotomía*, *lobotomía*, etc.

**vuelco de memoria intermedia** (*buffer dumping*). La obtención o evacuación de información almacenada provisionalmente en la *memoria efímera* (o de corta duración).

## Indice

### Introducción

1. El calendario cósmico
2. Genes y cerebros
3. El cerebro y el carro
4. El Edén como metáfora. La evolución del hombre
5. Las abstracciones de los brutos
6. Relatos del oscuro paraíso
7. Amantes y locos
8. La evolución futura del cerebro
9. Nuestro destino es el conocimiento. Inteligencia terrestre y extraterrestre

### Bibliografía

Glosario de voces técnicas



**La conexión cósmica**  
**Una perspectiva extraterrestre**  
Carl Sagan

Biblioteca de Divulgación Científica *muy INTERESANTE* 01

EDICIONES ORBIS, S. A.

Distribución exclusiva para Argentina, Chile, Paraguay, Perú y Uruguay

HYPAMERICA

Título original: The cosmic connection - An extraterrestrial perspective

Traducción: Jaime Piñero

Dirección de la colección: Virgilio Ortega

© 1973 by Carl Sagan and Jerome Agel

© 1978 by Plaza & Janes S. A. Editores

© por la presente edición, Ediciones Orbis S. A.

Distribución exclusiva para Argentina, Chile, Paraguay, Perú y Uruguay:

HYPAMERICA EDICIONES ARGENTINA, S.A.

Marzo de 1986

Edición digital y revisión de la traducción de urijenny ([odoniano@yahoo.com.ar](mailto:odoniano@yahoo.com.ar))

## Índice

Prefacio .....	8
Primera Parte: Perspectivas cósmicas .....	12
1. Un animal de transición .....	14
2. El unicornio de Cetus .....	19
3. Un mensaje de la Tierra .....	24
4. Un mensaje a la Tierra .....	28
5. Experimentos en utopías.....	38
6. Chauvinismo.....	43
7. La exploración del espacio como empresa humana - 1. El interés científico .....	51
8. La exploración del espacio como empresa humana - 2. El interés público .....	57
9. La exploración del espacio como empresa humana - 3. El interés histórico .....	62
Segunda parte: El Sistema Solar .....	67
10. Sobre la enseñanza de primer grado .....	68
11. Los legendarios dioses de la antigüedad .....	71
12. La historia detectivesca de Venus.....	74
13. Venus es el Infierno.....	79
14. Ciencia e «Inteligencia» .....	83
15. Las lunas de Barsoom.....	88
16. Las montañas de Marte - 1. Observaciones desde la Tierra .....	100
17. Las montañas de Marte - 2. Observaciones desde el espacio .....	105
18. Los canales de Marte .....	110
19. Las fotografías perdidas de Marte.....	115
20. La edad del hielo y la caldera.....	119
21. Comienzos y finales de la Tierra .....	122
22. Terraformación de los planetas .....	124
23. La exploración y utilización del Sistema Solar.....	129
Tercera parte: Mas allá del sistema solar.....	137
24. Algunos de mis mejores amigos son delfines.....	138
25. ¡Oiga! ¿Distribución Central? ¡Envíenme veinte extraterrestres! .....	149
26. La conexión cósmica.....	152
27. Vida extraterrestre: una idea cuyo momento ha llegado .....	157
28. ¿Ha sido visitada la Tierra?.....	163
29. Estrategia en la búsqueda de la inteligencia extraterrestre .....	169
30. Si tenemos éxito.....	173
31. Cables, tambores y caracolas .....	178
32. Tren nocturno a las estrellas .....	182
33. Astroingeniería .....	184
34. Veinte preguntas: una clasificación de civilizaciones cósmicas .....	187
35. Intercambios culturales galácticos.....	192
36. Entrada al Infinito .....	195
37. Habitantes de las estrellas - 1. Una fábula.....	199



38. Habitantes de las estrellas - 2. Un futuro.....	204
39. Habitantes de las estrellas - 3. Los gatos negros cósmicos .....	209

*Dedicado a mis hijos Dorion, Jeremy y Nicholas.*

*Ojalá que su futuro –y el de todos los humanos así como otros seres– se presente  
lleno de promesas.*



*Les mystères des Infinis* de Grandville, 1844.

## Prefacio

Cuando yo tenía doce años, mi abuelo me preguntó –mediante un traductor, pues nunca había aprendido bien el inglés– qué quería ser cuando fuese mayor. Le respondí que «astrónomo», palabra que al cabo de unos momentos le tradujeron.

*«Sí –respondió–, ¿pero cómo te ganarás la vida?»*

Yo suponía que al igual que todas las personas adultas que conocía, me tendría que limitar a efectuar un trabajo aburrido, monótono, carente de todo poder creativo. A la astronomía sólo podría dedicarme en los fines de semana. Cuando estudiaba el segundo año en la escuela superior descubrí que algunos astrónomos recibían una paga o sueldo por seguir cultivando su pasión. Entonces me sentí abrumado por un enorme gozo; sin duda alguna, podría dedicar todo mi tiempo a lo que más me gustaba y a lo que más me interesaba.

Incluso hoy día hay momentos en que lo que hago me parece un sueño improbable, aunque sí sumamente agradable. Tomar parte en la exploración de Venus, Marte, Júpiter y Saturno; reproducir, repetir los pasos que condujeron al origen de la vida hace cuatro mil millones de años en una Tierra muy diferente a la que conocemos; depositar instrumentos en Marte para buscar allí la vida, y, quizá, dedicar serios esfuerzos a comunicarnos con otros seres inteligentes, si los hay, ahí fuera, en la formidable obscuridad del firmamento nocturno.

Si hubiera nacido cincuenta años antes, no hubiese podido dedicarme a ninguna de esas actividades. Por entonces, no eran más que producto de una imaginación especulativa. Si hubiera nacido cincuenta años más tarde, tampoco habría podido dedicar mi vida a estas actividades, excepto, posiblemente, a la última de las mencionadas, ya que dentro de cincuenta años, a partir de ahora, se habrá dado fin a un reconocimiento preliminar del Sistema Solar, de la búsqueda de vida en Marte y del estudio del origen de la vida. Me considero sumamente afortunado de vivir en un momento de la historia de la Humanidad cuando se están emprendiendo tales aventuras.

De manera que cuando Jerome Agel vino a verme para que escribiera un libro que fuese popular, un libro que tratara de comunicar a los demás mis opiniones sobre las investigaciones emprendidas y la misma importancia de estas aventuras, acepté tal responsabilidad, aun cuando su sugerencia llegaba poco antes de que se llevase a cabo la misión *Mariner 9* a Marte, hecho que estaba seguro ocuparía la mayor parte de mi tiempo durante muchos meses. En una ocasión posterior, después de charlar acerca de la comunicación con la inteligencia extraterrestre, Agel y yo cenamos en un restaurante polinesio de Boston. Mi horóscopo del día decía: «Muy pronto se te exigirá que descifres un importante mensaje.» Por supuesto, aunque lo del horóscopo no pasaba de ser un juego infantil, el presagio, el pronóstico, era bueno.

Al cabo de siglos de confusas conjeturas, de especulaciones absurdas, conservadurismo indigesto y desinterés carente de toda posible imaginación, por fin

ha llegado a su mayoría de edad el tema de la vida extraterrestre, y en la actualidad ha alcanzado una etapa práctica donde se la puede estudiar mediante técnicas rigurosamente científicas, una etapa en la que ha conseguido respetabilidad científica y en la que, asimismo, se entiende ampliamente su significado. Por esa razón, repito, la vida extraterrestre acaba de alcanzar su mayoría de edad.

Este libro se divide en tres partes a cual más importante. En la primera intento transmitir el sentido de la perspectiva cósmica viviendo fuera de nuestras vidas en un diminuto trozo de roca y metal circundando una de las doscientas cincuenta mil millones de estrellas que forman nuestra galaxia en un Universo de miles de millones de galaxias. La declinación de una de nuestras más comunes concepciones, o de uno de nuestros más vulgares engrimientos, también es una de las aplicaciones prácticas de la astronomía. La segunda parte del libro se relaciona con varios aspectos de nuestro Sistema Solar –principalmente con la Tierra, Marte y Venus–. Aquí pueden hallarse algunos de los resultados e implicaciones del *Mariner 9*. La tercera parte se dedica a la posibilidad de comunicación con la inteligencia extraterrestre en planetas de otras estrellas. Puesto que todavía no se ha establecido ningún contacto –nuestros esfuerzos hasta la fecha han sido débiles–, esta parte es necesariamente especulativa. No he dudado en conjeturar dentro de lo que estimo puedan ser los límites normales de una plausibilidad científica. Y aunque no soy, por formación, un filósofo, sociólogo o historiador, no he dudado en esbozar implicaciones históricas, sociológicas y filosóficas de astronomía de exploración del espacio.

Desde aquí me atrevería a decir que los descubrimientos astronómicos que estamos a punto de conseguir son del más amplio significado humano. Si este libro llega a desempeñar un pequeño papel en aumentar el interés público por estas aventuras exploratorias, creo que habrá hecho honor a su propósito.

Al igual que ha sucedido con trabajos anteriores a éste, sobre todo si se basan en temas especulativos, algunas de las declaraciones que aparecen en estas páginas despertarán enérgicas objeciones. Existen otros libros en los que se exponen distintas opiniones. La discusión razonada es el alma de la ciencia, como no lo es, por desgracia, en el terreno intelectualmente más anémico de la política. Pero creo que las opiniones que ofrecen ocasión de una mayor controversia y que aquí se exponen, tienen, sin embargo, valiosos elementos de significado científico. Deliberadamente he introducido el mismo concepto en contextos ligeramente diferentes y en ciertos lugares donde creí se precisaba de la discusión. El libro está cuidadosamente estructurado, pero, para aquellos lectores que sólo deseen escudriñar, la mayor parte de los capítulos les ofrecerán todos los elementos adecuados para llevarlo a cabo.

Fueron demasiadas las personas que me ayudaron a configurar las opiniones que expongo sobre estos temas como para poder expresarles mi reconocimiento a todas ellas desde estas páginas, pero al releer los capítulos considero que me encuentro especialmente en deuda con Joseph Veverka y Frank Drake, ambos de la Cornell University, y con quienes durante los últimos años discutí tantos aspectos de esta obra. El libro fue redactado parcialmente durante un largo viaje transcontinental en un automóvil muy pequeño. Doy las gracias a Linda y a Nicholas por su estímulo y paciencia. También agradezco a Linda los dos dibujos en los que aparecen dos

apuestos seres humanos y un elegante unicornio. Por otro lado, expreso mi profundo reconocimiento al fallecido Mauritz Escher, por el permiso concedido para reproducir su *Otro Mundo*, y a Robert Macintyre, por la figura humana y campo de estrellas de la tercera parte. Los cuadros y dibujos de John Lomberg constituyeron, para mí, auténtica fuente de emoción estética e intelectual, y le agradezco la producción de muchos de ellos especialmente para este libro. Las cuidadosas reproducciones fotográficas de Hermann Eckleman sobre la obra de Lomberg han facilitado mucho su publicación en este libro. Y, por supuesto, doy las gracias a Jerome Agel, sin cuya dedicación y perseverancia este libro jamás se hubiese escrito.

Por otra parte, me siento en deuda con John Naugle, de la NASA, por mostrarme su archivo de respuestas de la opinión pública a la placa del Pioneer 10; con el Oregon System of Higher Education, por el permiso concedido para reproducir algunas ideas de mi libro *Planetary exploration*; al Forum de Historia Contemporánea, de Santa Bárbara, por el permiso para publicar una parte de mi carta distribuida por el Forum en enero de 1973; a la Cornell University Press, por el permiso para reimprimir parte de mi capítulo «*Los extraterrestres y otras hipótesis*», de *UFO's: A scientific debate*, editado por Carl Sagan y Thornton Page, Cornell University Press, 1972. Asimismo, estoy muy reconocido a todos cuantos me han autorizado a reproducir, en el capítulo IV, sus observaciones sobre la placa *Pioneer 10*. La evolución de este libro a través de muchas maquetas sin duda se debe mucho a la capacidad técnica de Jo Ann Cowan y, sobre todo, de Mary Szymanski.

**Carl Sagan**



*Otro Mundo* de M. C. Escher.

## Primera Parte: Perspectivas cósmicas

*No dejaremos de explorar  
y al final de toda nuestra investigación  
habremos llegado a donde comenzamos  
y conoceremos el lugar por vez primera...  
cuando las lenguas de fuego se plieguen  
para formar un nudo de fuego  
y el fuego y la rosa sean sólo uno.*

**T. S. Eliot**

*Four quartets*





*Imagen sin título* de Jon Lomberg.

## 1. Un animal de transición

Hace cinco mil millones de años, cuando apareció el Sol, el Sistema Solar se transformó desde una nebulosa impenetrable a un cegador chorro de luz. En las partes interiores del Sistema Solar, los primeros planetas eran grupos irregulares de roca y metal –los desechos, los constituyentes menores de la nube inicial, el material que no se había alejado tras la ignición del Sol.

Estos planetas se calentaron al formarse. Los gases atrapados en su interior fueron exudándose, valga la expresión, para formar atmósferas. Se derritieron sus superficies y los volcanes fueron cosa común.

Las primeras atmósferas se componían de los más diversos átomos y eran muy ricas en hidrógeno. La luz del Sol, al incidir sobre las moléculas de la primitiva temprana atmósfera, las excitó, provocó choques moleculares y produjo moléculas de mayor tamaño. Bajo las inexorables leyes de la Química y la Física, estas moléculas actuaron recíprocamente, formaron verdaderos océanos y dieron lugar a la producción de otras moléculas mucho mayores, moléculas bastante más complejas que aquellos átomos iniciales de las cuales se habían formado, pero todavía microscópicas ante toda posible medida o norma humana.

Estas moléculas, notablemente suficientes, son las que nos forman. Los bloques de construcción, por así decirlo, de los ácidos nucleicos, que constituyen nuestro material hereditario, y los bloques de cimentación de las proteínas, los obreros que ejecutan el trabajo de la célula, se produjeron de la atmósfera y océanos de la primitiva Tierra. Sabemos esto porque hoy día podemos reproducir dichas moléculas repitiendo las condiciones primitivas.

Casualmente, hace muchos miles de millones de años, se formó una molécula que poseía una capacidad notable. Era capaz de producir, de los bloques de construcción moleculares de las aguas circunstantes, una copia de sí misma, un doble de sí misma bastante exacto. En este sistema molecular hay un conjunto de instrucciones, un código molecular que contiene la secuencia de bloques de edificación de los cuales se construye la molécula mayor. Cuando, por accidente, se produce un cambio en la secuencia, también se modifica la copia o lo que hemos llamado «doble». Semejante sistema molecular –capaz de replicación, mutación y repetición de sus mutaciones– puede denominarse «vivo». Es una colección de moléculas que puede evolucionar mediante la selección natural. Las moléculas capaces de replicar con mayor rapidez, o de reproducir bloques de construcción partiendo de cuanto les rodea para alcanzar una mayor variedad, una variedad más útil, se reprodujeron con mayor eficacia que sus competidoras, y con el tiempo dominaron.

Pero las condiciones cambiaron gradualmente. El hidrógeno escapó al espacio. La producción de bloques moleculares de edificación declinó. Disminuyó el material alimenticio que, antiguamente, existía en gran abundancia. Se expulsó a la vida del jardín molecular del Edén. Tan sólo fueron capaces de sobrevivir aquellos conjuntos de moléculas capaces de transformar cuanto les rodeaba, capaces de producir

máquinas moleculares eficaces para la conversión de moléculas simples en otras complejas aptas para la supervivencia. Aislándose de cuanto las rodeaba, manteniendo las primitivas condiciones idílicas, aquellas moléculas que se rodeaban de membranas tenían una ventaja. Surgieron las primeras células.

Al carecer o al no ser fáciles de obtener los bloques moleculares de edificación, los organismos tuvieron que trabajar duramente para formarlos. Las plantas fue el resultado. Las plantas se inician con aire y agua, minerales y luz solar, y producen bloques moleculares de edificación, de muy elevada complejidad. Los animales, como los seres humanos, son parásitos en las plantas.

Los cambios de clima y competencia entre lo que era entonces amplia diversidad de organismos dio origen a una mayor especialización, una sofisticación de funciones y una elaboración de forma. Una rica formación de plantas y animales comenzó a cubrir la Tierra. Aparte de los primeros océanos en los que surgió la vida, se colonizaron nuevos ambientes, como la tierra y el aire. Entonces, los organismos ya vivían desde la cima del monte Everest hasta los rincones más profundos de los abismos. Los organismos viven en soluciones concentradas, ardientes, de ácido sulfúrico y en secos valles del Antártico. Los organismos viven en el agua condensada y retenida en un simple cristal de sal.

Las formas de vida desarrolladas que armonizaban bien con sus ambientes específicos, se adaptaron admirablemente a las condiciones reinantes. Pero éstas cambiaron. Los organismos estaban demasiado especializados. Murieron. Otros organismos se adaptaron en peores condiciones, pero estaban más generalizados. Las circunstancias cambiaron, el clima varió, pero los organismos fueron capaces de persistir. Muchas más especies de organismos han muerto durante la historia de la evolución terrestre que los que viven hoy día. El secreto de la evolución es el tiempo y la muerte.

Entre las adaptaciones que parecen ser útiles está la que llamamos inteligencia. La inteligencia es la ampliación de una tendencia evolucionista que se manifiesta en los organismos más simples: la tendencia hacia el control del ambiente. El adicto y fiel método biológico de control ha sido el material hereditario: información transmitida por ácidos nucleicos de generación en generación, información sobre cómo construir un nido, información sobre el temor a las caídas, a las serpientes, o a la obscuridad; información sobre cómo volar hacia el Sur durante el invierno. Pero la inteligencia necesita información sobre una cualidad adaptable desarrollada durante la vida completa de un solo ser. Hoy día existe una variedad de organismos en la Tierra que poseen esta cualidad que llamamos inteligencia. Los delfines la tienen y lo mismo ocurre con los grandes antropoides. Pero es mucho más evidente en el organismo llamado hombre.

En el hombre no sólo existe esa información de adaptabilidad adquirida en la vida de un solo individuo, sino que se transmite estratégicamente a través de la cultura, libros y educación. Es precisamente esto, más que otra cosa, lo que ha elevado al hombre a su actual estado preeminente en el planeta Tierra.

Somos el producto de cinco mil millones de años de evolución biológica lenta, fortuita, y no hay razón alguna para pensar en que se haya detenido tal proceso

evolutivo. El hombre es un animal en período de transición. No es el climax de una creación.

La Tierra y el Sol existirán muchos más miles de millones de años. El futuro desarrollo del hombre probablemente dependerá de una disposición cooperadora entre la evolución biológica controlada, manejos genéticos y una íntima asociación entre organismos y máquinas inteligentes. Pero no creo que haya nadie que pueda emitir pronóstico alguno de esta evolución futura. Lo que sí resulta evidente es que no podemos permanecer estáticos.

Al parecer, en nuestra historia más primitiva, los individuos eran adictos a su inmediato grupo tribal, que posiblemente no sobrepasaría los diez o veinte individuos, todos ellos emparentados por lazos de consanguinidad. A medida que el tiempo transcurrió, la necesidad de un comportamiento de cooperación —en la caza de grandes animales o rebaños, en la agricultura y en el desarrollo de ciudades— obligó a los seres humanos a formar grupos cada vez mayores. En la actualidad, ejemplo particular de los cinco mil millones de años de historia de la Humanidad, la mayoría de los seres humanos deben fidelidad y obediencia al estado-nación (aunque algunos de los problemas políticos más peligrosos surjan todavía a causa de conflictos tribales relacionados con unidades de población muy pequeñas).

Muchos líderes visionarios han imaginado una época en la que la devoción, obediencia o fidelidad de un ser humano individual no se centre en su particular estado-nación, religión, raza o grupo económico, sino que lo haga sobre toda la Humanidad en su conjunto, es decir que cuando se beneficie a un ser humano de otro sexo, raza, religión, que se encuentra a una distancia de nosotros de quince mil kilómetros, el hecho nos sea tanpreciado como si hubiésemos favorecido a nuestro propio hermano o vecino. Se tiende a seguir el criterio, pero el avance es sumamente lento. Aquí es preciso hacerse una pregunta muy seria sobre si se podrá lograr semejante auto-identificación global de la Humanidad antes de que nos destruyamos con las fuerzas tecnológicas que ha desarrollado nuestra inteligencia.

En un sentido muy real, los seres humanos son máquinas construidas por los ácidos nucleicos para disponer una eficiente repetición de más ácidos nucleicos. En cierto sentido, nuestras necesidades más acuciantes, las más nobles empresas, y el manifiesto libre albedrío, son una expresión de la información codificada en el material genético: en cierto sentido, somos depósitos temporales y ambulantes de nuestros ácidos nucleicos. Esto no niega nuestra humanidad. No nos impide perseguir el bien, la verdad y lo bello. Pero sería un gran error ignorar de dónde procedemos en nuestros intentos por determinar a dónde vamos.

No cabe duda alguna de que nuestro sistema instintivo se ha modificado poco desde los días en que los hombres se reunían para cazar, hace varios centenares de miles de años. Nuestra sociedad ha cambiado enormemente desde aquellos tiempos, y los más grandes problemas de supervivencia en el mundo contemporáneo pueden entenderse en términos de este conflicto, entre lo que «sentimos» que debemos hacer obedeciendo a nuestros instintos más primarios, y lo que «sabemos» que debemos hacer obedeciendo, finalmente, a nuestra cultura extragenética.

Si sobrevivimos en estos peligrosos tiempos, resulta evidente que incluso una identificación con toda la Humanidad no es la identificación deseable y fundamental.

Si sentimos profundo respeto por otros seres humanos como iguales receptores de este precioso patrimonio de cinco mil millones de años de evolución, ¿por qué no ha de aplicarse tal identificación también a todos los demás organismos de la Tierra que son, asimismo, el producto del mismo número de años de evolución? Cuidamos de una pequeña fracción de organismos de la Tierra como, por ejemplo, perros, gatos y vacas –porque son útiles o porque nos halagan–. Pero las arañas, las salamandras, el salmón y el girasol son igualmente nuestros hermanos y hermanas.

Creo que la dificultad que todos experimentamos de extender nuestros horizontes de identificación en tal sentido es, en sí misma, genética. Las hormigas de una tribu lucharán hasta morir ante la intrusión de otras hormigas pertenecientes a diferente tribu. La historia humana está llena de casos monstruosos de pequeñas diferencias –pigmentación de la piel, especulación teológica abstrusa o forma de vestir y estilo de peinado–, que son causa de hostigamiento, esclavitud y asesinatos.

Un ser exactamente igual a nosotros, pero con una pequeña diferencia fisiológica – un tercer ojo, o pelo azul que cubra su nariz y frente–, es algo que provoca sentimientos de repugnancia o retroceso. Tales sentimientos pueden haber tenido un valor aceptable en otras épocas al defender nuestra pequeña tribu contra las bestias o los vecinos. Pero en nuestra época estos sentimientos son peligrosos y anticuados.

Ha llegado el momento de sentir respeto y reverencia no solamente hacia los seres humanos, sino también hacia todas las formas de vida; el mismo respeto que mostraríamos hacia una obra maestra de la escultura o hacia una máquina maravillosamente terminada. Desde luego, esto no significa que debemos abandonar los imperativos de nuestra propia supervivencia. El respeto hacia el bacilo del tétanos no llegará hasta el extremo de ofrecer nuestro cuerpo como medio de cultivo. Pero, al mismo tiempo, podemos recordar que aquí tenemos un organismo con una bioquímica que se remonta mucho más allá del pasado de nuestro planeta. El bacilo del tétanos está intoxicado por el oxígeno molecular, el que nosotros respiramos tan libremente. El bacilo del tétanos, pero no nosotros, se hallaría como pez en el agua en aquella atmósfera rica en hidrógeno y libre de oxígeno de la primitiva Tierra.

El respeto y reverencia hacia toda forma de vida es factor importantísimo en unas cuantas religiones del planeta Tierra, por ejemplo, entre los *jainos* de la India. Y algo que se aproxima mucho a esta idea es responsable de vegetarianismo, al menos en las mentes de muchos practicantes de esta dieta represiva. Pero, ¿por qué ha de ser mejor matar plantas que animales?

Los seres humanos sólo pueden sobrevivir matando otros organismos. Pero podemos realizar una compensación ecológica cultivando otros organismos; estimulando la plantación de bosques, impidiendo la matanza al por mayor de organismos como las ballenas y focas, organismos que pueden tener valor comercial o industrial, como asimismo declarando fuera de la ley la caza injustificada, y haciendo que el medio ambiente de la Tierra sea más agradable para todos sus habitantes.

Puede haber un momento, como expongo en la tercera parte de este libro, en el que entremos en contacto con otros seres inteligentes en un planeta de alguna lejana

estrella, con seres que cuentan con miles de millones de años de evolución completamente independiente, seres que es probable se parezcan poco a nosotros, aunque puedan pensar de forma parecida. Es importante que extendamos nuestros horizontes de identificación, no precisamente sobre las formas de vida más simples y humildes de nuestro planeta, sino también hacia formas de vida exóticas y avanzadas que puedan habitar con nosotros, en nuestra enorme galaxia de estrellas.

## 2. El unicornio de Cetus

En el cielo, cuando el aire está limpio y claro, hay un test de Rorschach que nos está esperando. Millares de estrellas brillantes y débiles, en deslumbradora variedad de colores, parecen cruzar el dosel de la noche. El ojo, irritado por aquel supuesto desbarajuste, buscando orden, tiende a organizar pautas o patrones entre alejados y distintos puntos de luz. Nuestros antepasados de hace miles de años, que se pasaban todo el tiempo al aire libre, un aire puro, estudiaron cuidadosamente todos estos patrones. Así se desarrolló toda una rica ciencia mitológica.

Gran parte del contenido original de esta mitología astral no ha llegado hasta nosotros. Es tan antigua, se ha reordenado y relatado tantas veces, sobre todo durante los últimos millares de años por individuos no familiarizados con el aspecto del cielo, que sin duda alguna se ha perdido gran parte de ella. Aquí y allá, en extraños lugares, aún permanecen los ecos de relatos cósmicos sobre los patrones que presenta el cielo.

En el *Libro de los Jueces* figura un relato acerca de un león atacado por un enjambre de abejas, incidente a primera vista raro y poco consecuente. Pero la constelación de *Leo*, en el cielo nocturno, se halla junto a un grupo de estrellas, visibles en una noche clara como un veloso retazo de luz llamado *Praesepe*. Por el aspecto que presenta, observado con el telescopio, los astrónomos modernos le llaman «*La Colmena*». Me pregunto si en el *Libro de los Jueces* no nos habrán dejado como herencia esa imagen de *Praesepe*, obtenida por algún hombre de vista excepcional que viviera en aquella época muy anterior al descubrimiento del telescopio.

Cuando contemplo el cielo por la noche, no puedo distinguir la figura o el perfil de un león en la constelación *Leo*. Veo la *Osa Mayor*, y, si la noche es clara, la *Osa Menor*. Me siento perdido si trato de hallar un cazador en *Orion* o la figura de un pez en la constelación de *Piscis* y, por supuesto, me resulta totalmente imposible ver la figura de un auriga o cochero en *Auriga*. Las bestias míticas, personajes e instrumentos, situados por los hombres en el cielo, son arbitrarios y no evidentes. Hay acuerdos, convenios, sobre cuál es esta o aquella constelación, acuerdos sancionados en años recientes por la International Astronomical Union, que traza límites separando una constelación de otra. Pero en el cielo hay muy pocas figuras claras.

Estas constelaciones, aun cuando se dibujan en dos dimensiones, la verdad es que son tridimensionales. Una constelación como, por ejemplo, *Orion* está formada por estrellas brillantes situadas a considerables distancias de la Tierra y estrellas de menos luz situadas mucho más cerca. Si variásemos nuestras perspectivas, si moviésemos nuestro punto de vista –por ejemplo, con un vehículo espacial interestelar–, el aspecto del cielo cambiaría. Las constelaciones se deformarían lentamente.

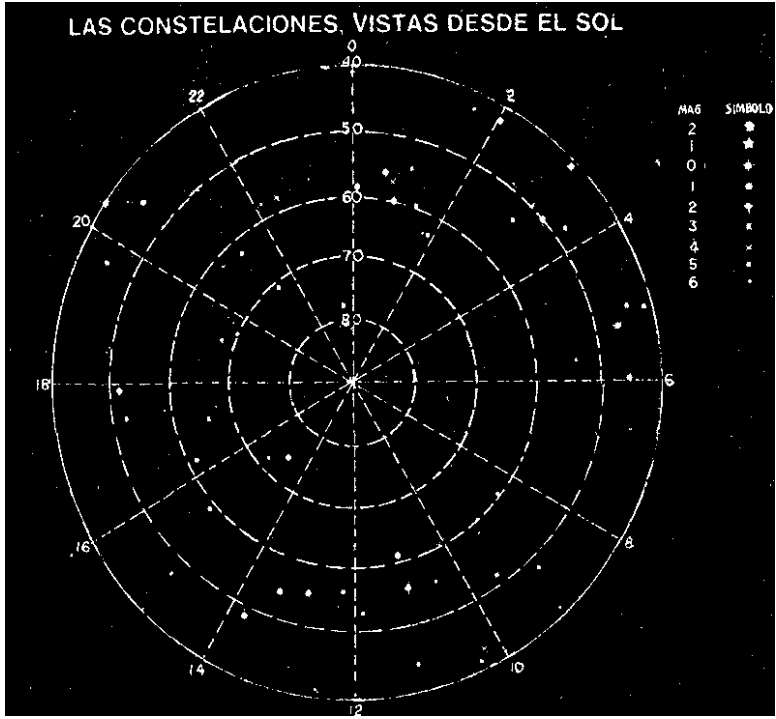
Gracias a los esfuerzos realizados por David Wallace en el Laboratorio de Estudios Planetarios de la Cornell University, se ha podido programar una computadora con la información sobre las posiciones tridimensionales desde la Tierra a cada una de las más brillantes y cercanas estrellas, incluso de una quinta magnitud, el limitado fulgor

visible para el ojo desnudo en una noche clara. Cuando pedimos a la computadora que nos muestre el aspecto que presenta el cielo visto desde la Tierra, observamos algunos resultados relacionados con la deformidad antes mencionada en las figuras acompañantes: Una deformación para las constelaciones del Norte, circumpolares, incluyendo la *Osa Mayor*, la *Osa Menor*, y *Casiopea*; otra para las constelaciones del Sur, circumpolares, incluyendo la *Cruz del Sur*; y otra para la amplia gama de estrellas situadas en latitudes medias incluyendo *Orion* y las constelaciones del *Zodiaco*. Si el lector no es un estudiante avezado en las constelaciones convencionales, creo que experimentará algunas dificultades en distinguir escorpiones y vírgenes en el cuadro general.

Luego pedimos a la computadora que nos muestre el cielo visto desde la estrella más cercana a la nuestra, Alfa Centauro, sistema de tres estrellas, situado a unos 4,3 años-luz de la Tierra. En función de la escala de nuestra galaxia Vía Láctea, ésta es una distancia tan corta que nuestras perspectivas siguen siendo exactamente las mismas. La *Osa Mayor* se presenta igual que si se viera desde la Tierra. Casi todas las restantes constelaciones aparecen invariables. Sin embargo, hay una sorprendente excepción, y es la constelación *Casiopea*, la reina del antiguo reino, madre de Andrómeda y suegra de Perseo, que aparece como conjunto de cinco estrellas dispuestas en forma de W o M, dependiendo, naturalmente, de cómo haya girado el cielo. Sin embargo, desde Alfa Centauro se distingue una muesca extra en la M; una sexta estrella aparece en Casiopea, mucho más brillante que las otras cinco. Esa estrella es el Sol. Desde una situación ventajosa de la estrella más cercana, nuestro Sol es punto relativamente brillante, pero poco insinuante en el cielo nocturno. No hay manera de distinguir mirando a Casiopea desde el cielo de un hipotético planeta de Alfa Centauro que haya planetas girando alrededor del Sol, que en el tercero de estos planetas haya formas de vida, y que una de estas formas de vida se considere dotada de gran inteligencia. Si éste es aplicable a la sexta estrella en Casiopea, ¿no podría serlo también a innumerables millones de otras estrellas en el cielo nocturno?

Una de las dos estrellas que el Proyecto Ozma estudió hace una década buscando posibles indicios de inteligencia extraterrestre fue Tau Ceti, en la constelación de *Cetus* (tal y como se ve desde la Tierra), la ballena. La computadora dibujó el cielo como si fuera visto desde un hipotético planeta de Ceti. Ahora nos hallamos a un poco más de once años-luz de distancia del Sol. La perspectiva ha cambiado algo más. Ha variado la relativa orientación de las estrellas y quedamos en libertad de inventar nuevas constelaciones, «test» de proyecto psicológico para los cetianos.



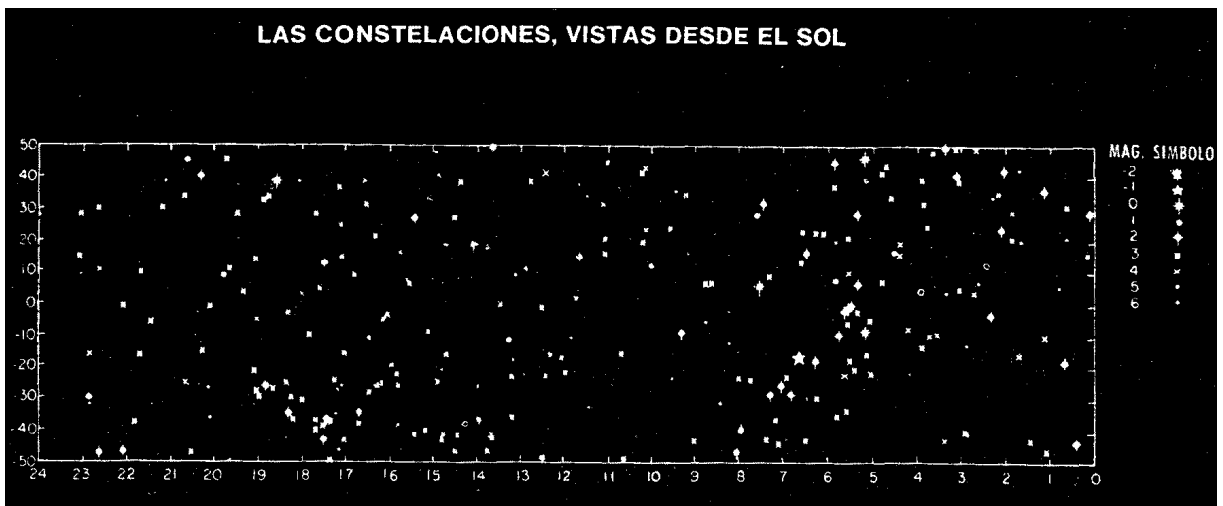


Las constelaciones de la zona septentrional del cielo, vistas desde las cercanías del Sol o de la Tierra.



La misma escena vista desde la estrella más cercana, Alfa Centauro. La nueva estrella de la constelación de *Casiopea*, cerca de 60° de latitud celeste y 2,5 horas de longitud celeste, es el Sol.

Pedí a mi esposa Linda, que es una buena artista, dibujara la constelación de un Unicornio en el cielo cetiano. Ya hay un unicornio en nuestro cielo, llamado *Monoceros*, pero deseaba que este unicornio fuese mayor y más elegante —y también ligeramente diferente a los unicornios terrestres comunes—, con seis patas, por ejemplo, en lugar de cuatro. Mi esposa inventó una linda bestia. En contra de lo que me esperaba, es decir que el animal presentara tres pares de patas, este especial unicornio aparece galopando orgullosamente sobre dos grupos de tres patas cada uno. Da la impresión de que el animal está realizando un verdadero galope. Hay una diminuta estrella que apenas se ve, situada en el punto donde se unen la cola y el cuerpo del unicornio. Esa estrella tan débil y tan mal colocada es el Sol. Los cetianos pueden considerarla como divertida especulación de que una raza de seres inteligentes vive en un planeta que gira alrededor de la estrella, que casi une al unicornio con su cola.



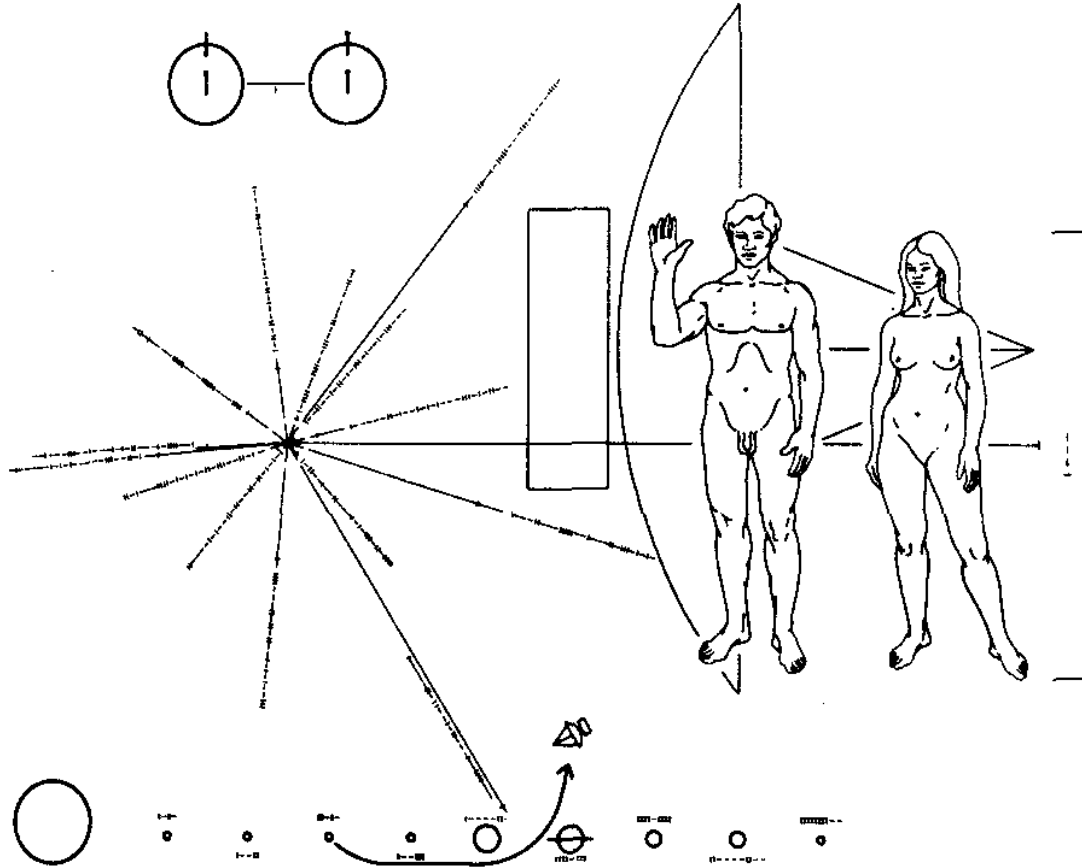
Las estrellas más brillantes vistas desde la Tierra y el Sol, que no están cerca de los polos celestes Norte o Sur.



Las mismas estrellas, vistas desde Tau Ceti una de las estrellas más próximas, como el Sol. En el cielo de Tau Ceti, el Sol es estrella de cuarta magnitud.

Quando nos movemos a distancias mayores del Sol que Tau Ceti –a cuarenta o cincuenta años-luz– el Sol aminora todavía más su brillo hasta ser invisible al ojo humano. Los largos viajes interestelares –si algún día llegan a realizarse– no emplearán al Sol como punto de referencia. Nuestra poderosa estrella de la cual depende toda vida sobre la Tierra, nuestro Sol, que es tan brillante que se corre el peligro de quedarse ciego si se le contempla directamente, no se ve en absoluto a una distancia de unas cuantas docenas de años-luz, una milésima parte de la distancia que hay al centro de nuestra Galaxia.

### 3. Un mensaje de la Tierra



La placa a bordo de la nave espacial *Pioneer 10*.

El primer intento serio que hizo la Humanidad por comunicarse con civilizaciones extraterrestres tuvo lugar el 3 de marzo de 1972, con el lanzamiento del *Pioneer 10* desde Cabo Kennedy. El *Pioneer 10* fue el primer vehículo espacial que se diseñó para explorar el medio ambiente del planeta Júpiter y, antes en su viaje, los asteroides que hay entre las órbitas de Marte y Júpiter. Su órbita: no sufrió trastorno alguno por parte de un asteroide errante; el factor seguridad se calculó en la proporción de 20 a 1. Se aproximó a Júpiter el día 3 de diciembre de 1973, y en ese momento sufrió una aceleración por la gravedad de Júpiter para convertirse en el primer objeto volador construido por el hombre que abandonaba el Sistema Solar. Su velocidad de despegue es aproximadamente de 13 km/s.

El *Pioneer 10* es también el objeto más veloz lanzado hasta la fecha por la Humanidad. Pero el espacio está muy vacío y las distancias entre las estrellas son enormes. En los próximos diez mil millones de años, el *Pioneer 10* no penetrará en el sistema planetario de ninguna otra estrella, aun suponiendo que todas las estrellas

de la Galaxia cuenten con tales sistemas planetarios. La nave espacial necesitará unos 80.000 años para recorrer la distancia que hay a la estrella más próxima situada a 4,3 años-luz de la Tierra.

Pero el *Pioneer 10* no ha sido dirigido hacia las proximidades de la estrella más cercana. En lugar de esto, viajará hacia un punto situado en la esfera celeste cerca del límite de las constelaciones de *Tauro* y *Orion*, donde no hay objetos cercanos.

Es posible que la nave espacial se encuentre con una civilización extraterrestre, siempre y cuando dicha civilización posea gran capacidad de vuelos interestelares y pueda interceptar semejantes naves espaciales en las que impera el silencio.

La colocación de un mensaje a bordo del *Pioneer 10* es algo similar a la botella que lanza al océano el marinero que ha naufragado, botella con un mensaje en su interior, con la esperanza de que llegue a manos de alguien. Pero el océano espacial es muchísimo más vasto que cualquier océano de la Tierra.

Cuando me llamó la atención la posibilidad de colocar un mensaje en una «botella espacial», me puse en contacto con la oficina de proyectos del *Pioneer 10* y con el cuartel general de la NASA con objeto de comprobar si existía alguna probabilidad de que mi sugerencia tuviera algún eco. Ante mi sorpresa y alegría, la idea encontró apoyo inmediato en todos los escalones jerárquicos de la NASA, a pesar de que era –según las normas generales– ya muy tarde para realizar incluso mínimos cambios en la nave espacial. Durante una reunión de la Sociedad Americana de Astronomía celebrada en San Juan de Puerto Rico, en diciembre de 1971, discutí en privado, con mi colega el profesor Frank Drake, también de Cornell, qué forma podrían adoptar los posibles mensajes que colocaríamos a bordo. Al cabo de unas cuantas horas decidimos a título de prueba, cuál sería el contenido del mensaje. Luego, las figuras humanas se añadieron mediante el trabajo personal de mi esposa-artista, Linda Salzman Sagan. Sin embargo, no creemos que sea el mensaje más óptimo que se pueda concebir para tal propósito: solamente disponíamos de tres semanas de plazo para la presentación de la idea, dibujo y diseño del mensaje, su aprobación por la NASA y la grabación de la placa final. En 1973, ya se ha lanzado al espacio una placa de identificación en el *Pioneer 11*, en una misión similar.

Se trata de una plancha de 15 x 23 cm, de aluminio y oro anodizado, sujeta a los puntales que soportan la antena del *Pioneer 10*. El índice de desgaste que se puede esperar en el espacio interestelar es suficientemente pequeño como para que este mensaje pueda permanecer intacto durante centenares de millones de años, y probablemente, por un período de tiempo mucho mayor. De aquí que éste sea el artefacto construido por la Humanidad con una más larga esperanza de vida.

El mensaje intenta comunicar con los locales, manifestar época y algo sobre la naturaleza de los constructores de la nave espacial. Está escrito en el único lenguaje que compartimos con los destinatarios: la ciencia. En la parte superior izquierda aparece una representación esquemática de la transición entre giros de electrones de protones paralelos y antiparalelos del átomo de hidrógeno neutro. Bajo esta representación está el número binario 1. Tales transiciones de hidrógeno están acompañadas por la emisión de un fotón en radiofrecuencia de una longitud de onda de aproximadamente 21 cm y una frecuencia de unos 1.420 megahertz. Así, hay una distancia característica y un tiempo característico asociados a la transición. Puesto

que el hidrógeno es el átomo más abundante en la Galaxia, y como la física es igual en toda la Galaxia, creemos que una civilización avanzada no tendrá dificultad alguna en comprender esta parte del mensaje. Pero, como comprobación, en el margen derecho aparece el número binario 8 (1---) entre dos marcas, indicando la altura de la nave espacial *Pioneer 10*, representada tras el hombre y la mujer. Una civilización que reciba la placa sin duda también recibirá la nave espacial, y podrá determinar que la distancia indicada es evidentemente cercana a ocho veces 21 cm, confirmando así que el símbolo de la parte superior izquierda representa la transición del hidrógeno.

Figuran más números binarios en el dibujo radial que abarca la parte principal del diagrama en el centro izquierda. Estos números, si estuvieran escritos en el sistema decimal, estarían formados por diez dígitos. Deben representar distancias o tiempos. Si son distancias, entonces serán de un orden varias veces 10<sup>11</sup> cm, o unas cuantas docenas de veces la distancia que hay entre la Tierra y la Luna. Es muy probable que nosotros les considerásemos útiles para la comunicación. A causa del movimiento de los objetos dentro del Sistema Solar, tales distancias varían de manera continua y compleja.

Sin embargo, los correspondientes tiempos están en el orden de 1/10 segundos a 1 segundo. Estos son los períodos característicos de los pulsares, fuentes naturales y regulares de emisión radiocósmica; los pulsares son estrellas neutrónicas que giran rápidamente, producidas en catastróficas explosiones estelares (véase el capítulo 38). Creemos que una civilización científicamente sofisticada no tendrá dificultad alguna en comprender el dibujo radial, así como las posiciones y períodos de 14 pulsares con respecto al Sistema Solar de lanzamiento.

Pero los pulsares son relojes cósmicos que se gastan, por así decirlo, bajo índices bien conocidos. Los que reciban el mensaje deberán preguntarse a sí mismos no sólo dónde fue siempre posible ver 14 pulsares dispuestos en posición tan relativa, sino también cuándo fue posible verlos. Las respuestas son: únicamente desde un volumen muy pequeño de la Vía Láctea y en un solo año en toda la historia de la Galaxia. Dentro de los límites de ese pequeño volumen hay, quizá, mil estrellas; solamente una de ellas ha de tener el orden, de planetas con distancias relativas tal y como se indica en el fondo del diafragma. Asimismo se muestran los tamaños aproximados de los planetas y los anillos de Saturno; por supuesto, de forma esquemática. Por otra parte, en el diafragma se muestra una representación esquemática de la trayectoria inicial de la nave espacial lanzada desde la Tierra, como también su paso junto a Júpiter. Así, el mensaje especifica una estrella en aproximadamente doscientos cincuenta mil millones, y un año (1970) en aproximadamente diez mil millones de años.

Hasta este punto, el contenido del mensaje debe ser suficientemente claro para una civilización extraterrestre avanzada, que sin duda tendrá que examinar también a todo el *Pioneer 10*. Probablemente, el mensaje es mucho menos claro para el hombre de la calle, si esta calle se halla en la Tierra. (Sin embargo, las comunidades científicas de la Tierra no han experimentado ninguna dificultad para descifrar el mensaje.) Podemos asegurar que el caso se presenta al revés en cuanto se refiere a las representaciones de los seres humanos que aparecen en la derecha. Los seres extraterrestres, que son el producto de cinco mil millones de años o más de

evolución biológica independiente, puede que no se parezcan en absoluto a los humanos, ni tampoco sea igual todo cuanto se refiera a las convenciones sobre perspectivas y dibujo que existen aquí. En consecuencia, es muy probable que la parte más misteriosa del mensaje la constituyan los seres humanos.

#### 4. Un mensaje a la Tierra

La dorada tarjeta de visita o saludo, situada a bordo del *Pioneer 10*, tenía como objetivo principal, sí alguna vez se daba tal remota contingencia, de que los representantes de una avanzada civilización terrestre pudiesen hallar o recibir este primer artefacto de la Humanidad que abandonaba el Sistema Solar por vez primera. Pero el mensaje tuvo un impacto mucho más inmediato. Ya fue detalladamente estudiado, no por seres extraterrestres, sino por terrestres. Los seres humanos de toda la Tierra lo han examinado, aplaudido, criticado, interpretado, e incluso han propuesto otra clase de mensajes.

Los gráficos del mensaje se reprodujeron ampliamente en periódicos y programas de televisión, en revistas literarias, gráficas y en publicaciones nacionales de carácter científico. Hemos recibido cartas de científicos, amas de casa, historiadores y artistas feministas y homosexuales, oficiales del Ejército y funcionarios del Estado. Incluso recibimos una carta de un profesor de contrabajo. Nuestra placa fue reproducida por una compañía de grabación para su comercialización, así como por un distribuidor de juegos científicos para niños, un fabricante de tapicerías, una fábrica italiana especializada en lingotes de plata... todos, a propósito, sin contar para ello con la más mínima autorización.

La mayor parte de los comentarios fueron favorables y algunos hasta entusiásticos. Los enormes tableros de publicidad callejeros del *Tribune* de Ginebra, Suiza, anunciaban:

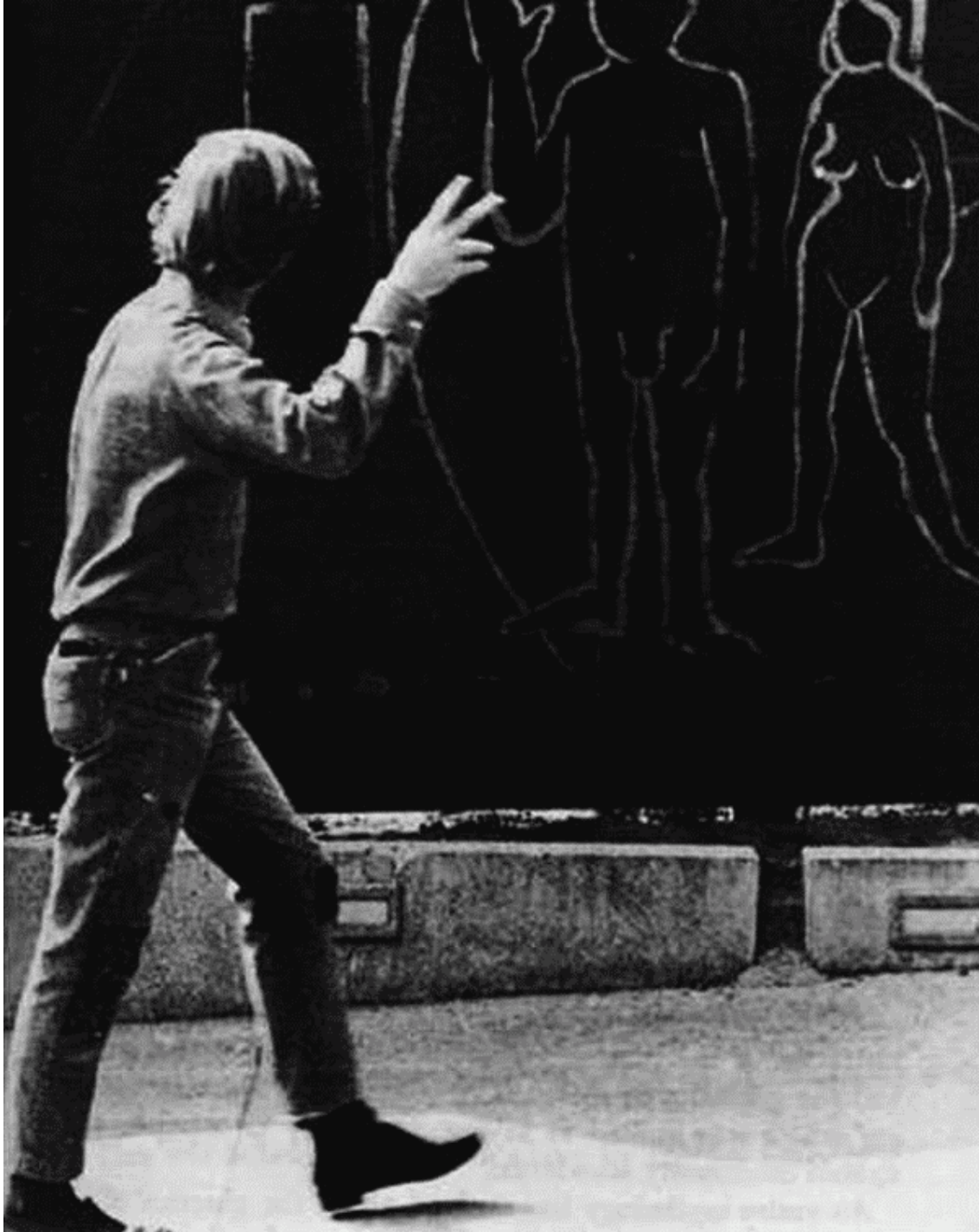
*«Message de la NASA pour les extraterrestres!»*

Nos escribió un científico para decirnos que la base científica y su descripción de la placa que publicamos en el diario americano *Science* era el primer documento científico que realmente le había hecho derramar lágrimas de alegría. Un corresponsal en Athens, Georgia, escribe:

*«Todos nos habremos ido antes de que este particularísimo mensaje haya sido recogido por algún indescriptible ser espacial, pero aun así su misma existencia, la audacia del sueño, produce inevitablemente en mí –y en muchos otros, lo sé– los sentimientos de un Balboa, un Leeuwenhoek, de un ser humano al sentirse muy humano.»*

En el Instituto de Tecnología de California, donde la inscripción es un misterio, algún artista desconocido dibujó el mensaje sobre el muro de un solar, despertando amistosos saludos por parte de los peatones y vecinos que esperamos sirvan de modelo a los lectores extraterrestres.





**Graffiti en Caltech: una respuesta a la placa del *Pioneer 10*. Cortesía de *Engineering and Science*, California Institute of Technology, Pasadena, California.**

Pero también hubo comentarios críticos. No se dirigían hacia el mapa pulsar, núcleo científico del mensaje, sino más bien a la representación del hombre y la mujer. Los dibujos originales de esta pareja fueron hechos por mi esposa y se basaron en los modelos clásicos de la escultura griega y en los dibujos de Leonardo da Vinci. Los dos seres no aparecen cogidos de la mano, ya que esto podría inducir a pensar a los

extraterrestres que la pareja es un solo organismo unido por las yemas de los dedos (en ausencia de caballos indígenas, tanto los aztecas como los incas consideraban al conquistador montado como un solo animal, especie de centauro con dos cabezas). El hombre y la mujer no se muestran en la placa adoptando la misma postura, de manera que pueda reflejarse la flexibilidad de los miembros, aunque entendemos perfectamente que las normas de perspectivas y dibujo lineal de la Tierra no signifiquen nada o casi nada para civilizaciones con otras normas artísticas.

La mano derecha del hombre está alzada en el gesto que una vez leí en un libro de antropología se considera como signo «universal» de buena voluntad, aunque tal universalidad sea, por supuesto, poco probable. Al menos, el saludo muestra nuestros pulgares opuestos. Solamente una de las dos personas presenta la mano alzada en ademán de saludo, a menos que –también podría darse el caso– los receptores dedujeran equivocadamente que uno de nuestros brazos está doblado de manera permanente por el codo. Algunas señoras escribieron quejándose de que la mujer aparece adoptando una actitud demasiado pasiva. Una de ellas escribió diciendo que también le agradaría saludar al Universo con ambos brazos extendidos, en gesto de salutación muy femenina. La principal crítica femenina se centra sobre el hecho de que la mujer no está dibujada del todo, que aparece sin ninguna huella exterior que indique su sexo. La decisión de omitir este detalle en el diagrama se tomó, en parte, debido a que las estructuras griegas también lo omiten. Pero hubo otra razón: nuestro deseo de ver el mensaje lanzado con el *Pioneer 10*. Es probable, al mirar ahora hacia atrás, que entonces juzgáramos a las jerarquías politicocientíficas de la NASA como mucho más puritanas de lo que en realidad son. En las numerosas conversaciones que sostuve con dichos funcionarios, desde el Administrador General de la NASA hasta el consejero científico del Presidente, puedo asegurar que en momento alguno se pronunció ninguna gazmoñería victoriana, y que asimismo, en todo instante, se nos concedió gran ayuda y estímulo.

Sin embargo, resulta evidente que al menos algunos individuos se sintieron ofendidos por la representación humana en la placa. El *Sun Times* de Chicago, por ejemplo, publicó tres versiones de la placa en diferentes ediciones, todas en el mismo día: En la primera el hombre aparecía completo; en la segunda sufría de una extraña y repentina a la vez que fea castración; y en la versión final –sin duda para tranquilizar al padre de familia– aparecía sin ningún signo sexual en absoluto. Esto puede haber complacido a una corresponsal feminista que escribió al Times de New York, diciendo que se sentía tan furiosa por la incompleta representación de la mujer, que experimentaba el irresistible impulso de:

«...¡cortar el brazo derecho del hombre!»

El *Inquirer* de Filadelfia publicó en su primera página una ilustración de la placa pero suprimiendo los pezones de la mujer y el aparato genital del hombre. Al parecer, en tal ocasión, el ayudante del jefe de redacción dijo:

«Un periódico de familia debe mantener las sanas normas de la comunidad.»

Toda una completa mitología se desarrolló sobre la ausencia de signos visibles genitales femeninos. Fue una columna escrita por el respetado escritor científico Tom O'Toole, del *Post* de Washington, la que primero informó sobre el hecho de que

los funcionarios de la NASA habían censurado una original representación de la mujer. Esta historia circuló por toda la nación escrita por columnistas como Art Hoppe, Jack Stapleton Jr., y otros. Stapleton imaginaba a los encolerizados y escandalizados ciudadanos de otro planeta recibiendo la placa, y en plena furia de ultraje moral cubrían con cinta adhesiva la representación pornográfica de los pies del hombre y la mujer. Una carta dirigida al *Daily News* proponía que, si había que censurar a la mujer, entonces, consecuentemente, debían haberse pintado de azul las narices de los dos seres humanos. Una carta publicada en la revista *Playboy*, carta muy dura, se quejaba de esta intrusión de la censura gubernamental en las vidas de los ciudadanos. Por otra parte, hubo muchas publicaciones de ciencia-ficción que en sendos editoriales censuraron duramente la intervención del Gobierno.

La sexualidad que pueda haber en el mensaje también provocó auténticos incendios epistolares. El *Times* de Los Angeles publicó la carta de un airado lector, quien decía:

*«Debo decir que me sentí sumamente escandalizado por la tremenda exhibición de los órganos sexuales masculinos y femeninos que aparecen en la primera página del Times. Seguramente este tipo de explotación sexual está muy por debajo de las normas que nuestra comunidad espera del Times.»*

*» ¿No es ya suficiente que tengamos que soportar el bombardeo de pornografía con que nos abruman películas y las revistas gráficas? ¿No es ya cosa suficientemente dañina, para coronarlo todo, que nuestros propios funcionarios de las organizaciones espaciales hayan considerado necesario extender esta suciedad incluso más allá de nuestro Sistema Solar?»*

Esta misiva fue seguida, días más tarde, por otra carta publicada en el *Times*:

*«Ciertamente, estoy de acuerdo con todas aquellas personas que protestan por el envío de esos sucios dibujos al espacio. Creo que se debían haber suprimido los órganos de reproducción del hombre y de la mujer. Junto a ellos, debía de haberse dibujado una cigüeña con un pequeño paquete colgado del pico y descendiendo del cielo.»*

*«Entonces, si realmente deseamos que nuestros celestiales vecinos sepan en qué medida hemos progresado en el aspecto intelectual, debíamos haber incluido dibujos de Santa Claus, Easter Bunny, y Tooth Fairy.»*

El *Daily News*, de New York, publicaba un titular para el relato siguiendo las corrientes de la moda imperante:

*«Los desnudos y los mapas cuentan a otros mundos la historia de la Tierra.»*

Algunos de los corresponsales argumentaban que la función de los órganos sexuales no se haría en absoluto evidente, aun cuando apareciesen representados gráficamente, y nos estimulaban a que dibujásemos una secuencia de escenas en que apareciera la copulación. No había espacio suficiente para esto en una placa de tan escasas dimensiones. Me imagino también, en caso de haberse hecho esto, cuáles hubieran sido las cartas enviadas al *Times* de Los Ángeles.

Un artículo publicado en *Catholic Review* criticaba la placa porque:

«...lo incluye todo excepto Dios...»

y sugería que en lugar de dibujar un par de seres humanos habría que haber esbozado un par de manos enlazadas en gesto de oración.

Otro corresponsal sostenía que los detalles de perspectiva resultaban insuperablemente difíciles y nos animaba a que enviáramos al exterior los cadáveres completos de un hombre y una mujer. Se conservarían perfectamente en el frío del espacio y así los extraterrestres los podrían examinar con detalle. Naturalmente, nos negamos a hacerlo alegando un exceso de peso.

La primera página del *Barb*, de Berkeley, California, al parecer tratando de dar la impresión de que el hombre y la mujer del mensaje aparecían demasiado correctos y bien formados, los reprodujo con esta frase al pie:

«¡Hola! Somos de Orange County.»

Este comentario tocaba un aspecto de la representación del hombre y la mujer al que concedí gran importancia. En los dibujos originales de los que más tarde se hicieron los grabados, realizamos un gran esfuerzo para conseguir que tanto el hombre como la mujer tuvieran gran alcance racial. A la mujer se le dio aspecto físico agradable, y en cierta forma asiático, aunque parcialmente. Al hombre se le atribuyó nariz ancha, labios gruesos y corte de pelo «afro». En ambos seres también estaban presentes los característicos rasgos caucásicos. Esperábamos representar, al menos, tres de las principales razas humanas. En el grabado final sobrevivieron los labios, la nariz y el aspecto agradable en general, pero, como los cabellos de la mujer sólo están dibujados en contorno, a muchos les pareció rubia, destruyendo así la posibilidad de una significativa contribución de genes asiáticos. También, y en algún momento de la transcripción del dibujo original al grabado final, el aspecto «afro» se convirtió en un corte de pelo dado al hombre que aparecía con cabello rizado, corto, con aspecto muy mediterráneo. Sin embargo, el hombre y la mujer de la placa son, en gran medida, representantes de los sexos y razas humanas.

El profesor E. Gombrich, director del Warburg Institute, famosa escuela de arte de Londres, critica la placa en el *Scientific American*. Se preguntaba cómo es posible que se espere que la placa pueda ser visible a un organismo extraterrestre que quizá no haya desarrollado el sentido de la vista en longitudes de onda visibles. La respuesta se deriva simplemente de las leyes físicas. Las atmósferas planetarias absorben la luz del cercano sol o soles debido a tres procesos moleculares. El primero es un cambio en la energía de los electrones individuales adheridos a los átomos. Estas transiciones se dan en las zonas ultravioleta, rayos X y gamma del espectro y tienden a convertir en opacas las atmósferas planetarias en estas longitudes de onda. El segundo se trata de transiciones vibratorias que ocurren cuando dos átomos en una molécula determinada oscilan entre sí. Tales transiciones tienden a hacer que las atmósferas planetarias sean opacas en la cercana zona infrarroja del espectro. En tercer lugar, las moléculas sufren cambios giratorios debidos a la libre rotación de la molécula. Tales transiciones tienden a absorber la parte infrarroja más alejada. Como resultado, en general, la radiación de la cercana

estrella que penetra a través de una atmósfera planetaria se hallará en las partes visibles del espectro, las partes que no son absorbidas por la atmósfera.

De hecho, éstas son las principales «ventanas» que emplean los astrónomos para inspeccionar el Universo desde la superficie de la Tierra. Pero las longitudes de onda de radio son tan largas que ningún organismo de razonable tamaño puede desarrollar dibujos de sus alrededores con «ojos» de longitud de onda de radio. Por tanto, esperamos se perfeccionen sensores de frecuencia óptica entre organismos y en planetas de estrellas en toda la Galaxia.

Sin embargo, aun cuando imaginemos organismos cuyos ojos funcionen bien en la zona infrarroja (o en la región de rayos gamma) y que sean capaces de interceptar al *Pioneer 10* en el espacio interestelar, probablemente no sea mucho pedirles que posean artefactos que examinen, escudriñen y estudien la placa en frecuencias a las cuales sus ojos son insensibles.

Como las líneas grabadas en la placa son más oscuras que el aluminio de oro anodizado que las rodea, el mensaje debe aparecer completamente visible, incluso en la zona infrarroja.

Gombrich también nos hace objeto de una especie de reprimenda por pintar una flecha como señal de la trayectoria a seguir por la nave espacial. Mantiene que las flechas serían sólo comprensibles para civilizaciones que se han desarrollado, como la nuestra, partiendo de una sociedad cazadora. Pero aquí, de nuevo, no hace falta tropezarse con un extraterrestre demasiado inteligente para comprender el significado de la flecha. Hay una línea que se inicia en el tercer planeta de un sistema solar y termina en algún lugar del espacio interestelar, en representación esquemática de la nave espacial, que los descubridores del mensaje tienen «a mano»: La placa está unida a la nave espacial. A partir de esto, yo más bien esperarí que pudiesen discutir hasta llegar a nuestros antepasados cazadores.

De la misma manera, las distancias relativas de los planetas al Sol mostradas mediante anotación binaria en la parte inferior de la placa indican que nosotros empleamos la aritmética de base 10. A juzgar por el hecho de que tenemos diez dedos en los pies y otros diez en las manos –dibujados con algún cuidado en la placa–, espero que cualquier ser extraterrestre podrá deducir que usamos el número 10 como base y que algunos de nosotros contamos con los dedos. Asimismo, y a juzgar por la rigidez de los dedos de nuestros pies, incluso pueden deducir que procedemos de antepasados arbóreos.

Hay otros aspectos mediante los cuales el mensaje ha demostrado ser una prueba psicológica proyectiva. Un hombre escribió sobre su preocupación de que el mensaje haya condenado a toda la Humanidad. Alegaba que las películas americanas sobre la Segunda Guerra Mundial muy probablemente hacen publicidad mediante la transmisión televisiva al espacio interestelar, y que, a juzgar por tales programas, los extraterrestres fácilmente podrán deducir: 1) que los nazis eran individuos perversos, y 2) que se saludaban mutuamente con la mano extendida hacia el frente. Repito que, a juzgar por la forma en que está dibujado el hombre de la placa que alza su mano derecha de la misma forma en que nuestro corresponsal cree que era el saludo nazi, el hombre se siente sumamente preocupado porque los extraterrestres supongan que el bando peor fue el que ganó la Segunda Guerra

Mundial y que muy pronto enviarán a la Tierra una expedición de castigo para arreglar mejor las cosas.

Semejante carta, sin duda, describe mucho mejor el estado mental del que la escribe que el de los probables destinatarios del mensaje. La mano derecha, alzada en gesto de saludo, se halla históricamente relacionada con el militarismo, pero en forma negativa: Una mano alzada y vacía simboliza que no se lleva encima arma alguna.

Para mí, algunas de las más conmovedoras respuestas al mensaje son las obras de arte y poesía que motivó. El señor Aim Morhardt es pintor de acuarelas del desierto y sierras, que vive en Bishop, California, donde, quizá no por pura coincidencia, se encuentra situada la gigantesca estación de Goldstone del *Pioneer 10*. El poema del señor Morhardt decía:

### ***Pioneer 10: el mensajero de oro***

*La proa del dragón que cruzó los mares del Norte,  
buscando la aventura con el clan guerrero;  
la galante sirena se inclina bajo la brisa  
en barcarolas y mercantes de esbelto casco;  
todos los descubridores de desconocidas tierras  
se han ido en esta alada edad donde permanece la nada  
en busca de extraños tesoros de alguna costa extranjera  
abandonando la bien conocida tierra.  
Ahora aparece el nuevo mascarón de proa del hombre  
enfrentándose a la desconocida inmensidad.  
Desnudo, veloz como las estrellas, mucho más allá de la llamada de los años.  
Por parejas, o como extraño solitario en el exterior  
ve, diminuto mensajero de tu propia raza,  
y toca, si puedes, en puerto de algún lugar lejano.*

El señor Arvid F. Sponberg, de Belfast, Irlanda del Norte, escribió:

*«El viaje del Pioneer 10 –y los viajes de otros como él– producirán un efecto que los poetas, pintores, y músicos no podrán ignorar por más tiempo. La existencia de la idea del Pioneer 10 es prueba de esto. La misión científica, por supuesto, tiene valor e interés incalculables, pero la idea del viaje posee un valor imaginativo mucho mayor. El Pioneer 10 nos acerca más al día en el que los artistas deben hacer frente al nuevo viaje del hombre como experiencia y no fantasía.»*

El señor Sponberg compuso para nosotros otro poema:

## La nueva Odisea

*Lejos, a gran distancia, más allá, carente de vínculos,  
descarriado, errante, anhelante  
arrastrado por las estrellas el Pioneer pasa rápido  
solitario en el exterior, a la deriva en el viento solar.*

*Un hombre, una mujer, huérfanos de calor terrenal,  
o espléndidos viajeros con velas de oro,  
o como gitanos vagando por viejos senderos estelares,  
una caravana en busca de anclaje celestial.*

*Si en la profundidad del frío espacio interestelar  
algunos ojos temerosos espían la vida de esta balsa:  
¿percibirán el corazón que hay dentro de nuestro barco  
cuyos latidos señalan los ritmos de paz?  
Un nuevo espíritu abre nuevas fronteras.  
Una Odisea es nuestro hogar; loor a los Pioneer!*

Por supuesto, existe la posibilidad de que el mensaje fijado al *Pioneer 10*—inventado por seres humanos, pero dirigido a criaturas de clase muy diferente— pueda ser, después de todo, un misterio para ellas. Sin embargo, creemos que no. También creemos que el mensaje —excepto el del hombre y la mujer— está escrito en un idioma universal. Los extraterrestres no entenderán el inglés, el ruso, el chino o esperanto, pero deben compartir con nosotros la astronomía, física y matemáticas. Creo firmemente que entenderán, sin gran esfuerzo, este mensaje escrito en el idioma galáctico: «*el científico*».

Pero podemos equivocarnos. La revista de humor británica *Punch* realizó algo parecido a una encuesta de total «*falta de comprensión*», encuesta, por demás, sumamente divertida mediante un artículo que tituló:

«*Según el Herald Tribune (París), solamente uno de cada diez científicos de la NASA fue capaz de descifrar el mensaje. Así pues, ¿qué oportunidad les queda a los profanos o extraños?*»

*Punch* presenta una muestra de la opinión de cuatro representantes extraterrestres. Por supuesto, se refieren a la interpretación del verdadero mensaje:

«*Todavía debo poner de relieve que, en estos momentos, sólo hacemos cábalas y que ninguno de nosotros ha explicado el significado de los puntos que hay a lo largo de la parte inferior. Se nos ha sugerido que bien podría tratarse del mapa de algún ferrocarril metropolitano, pero tenemos la impresión de que esto deja de tener en cuenta la probable posición marcada por la flecha de algún yate zozobrado o posiblemente la de una cizaña de huerto. Sin embargo, la inclusión de una rubia desnuda hace que sea más que probable que esto sea alguna especie de broma o chiste enviado por algún atrasado planeta, quizás el que usan los terrestres.*»

*«Hablando como araña extremadamente delgada que cuenta con catorce patas –dijo una voz desde la parte posterior de Andrómeda 8– he estudiado esta tarjeta de los terrestres y la considero como un desaire. La caricatura de nuestra especie es a la vez cruda y absurda, ya que entre otras cosas sugiere que tenemos una pata derecha más larga que todo el resto. Además, el ser geométrico que está en el fondo nos vuelve claramente la espalda y uno de los otros dos está señalando con cinco antenas en gesto francamente sórdido. Parece existir poca razón para dudar, al menos entre nosotras las arañas inteligentes, que esta cosa no es más que una declaración de guerra. La ilustración de la criatura que está en la derecha lanzando flechas desde el hombro es realmente siniestra, algo que presagia, sin duda alguna, una larga y amarga lucha con los terrestres.»*

*«Sea lo que fuere –declaró el Ser– no ha recorrido todo este camino por nada. Sospecho que trata de decirnos algo. Supongamos, no hagamos más que suponer y esto en beneficio de una posible polémica, que esta cosa que tenemos ante nosotros no es una verdadera criatura en sí misma, sino más bien un artefacto de alguna clase. Tal teoría podría explicar, como principio, que hasta ahora no ha dicho una sola palabra. No, esta cosa fue enviada –probablemente desde algún primitivo mundo tridimensional– y yo diría que quiere ser un dibujo o código con algún mensaje para nosotros, los Seres. Por supuesto, lo que sea el mensaje depende de la manera en que se suponga pueda ser. Nada me sorprendería que fuese chabacano o grosero.»*

*«¡Magnífico! –la cosa en Alfa Centauro estaba abrumada por el asombro–. ¡Verdaderamente magnífico! Que sepamos hasta ahora, ésta es la primera vez que llega a nuestro planeta un trabajo original del antiguo terrestre Leonardo da Vinci. Nuestros telescopios muestran que el estilo es el suyo sin duda alguna. No obstante, el descubrimiento altera algunos de los datos que poseemos sobre la Tierra. Hasta ahora no se sabía que el clima era lo suficientemente cálido como para que los policías prestaran servicio en su mundo sin ninguna clase de ropas, ni que los principales miembros de los terrestres funcionaran mediante cuerdas. Esperamos que pronto nos envíen más tarjetas de saludo.»*

Quizás el comentario editorial más comprensible es el del *Times* de New York:

*«...esa placa bañada en oro constituye para nosotros algo más que un reto. A pesar de la misteriosa maestría o poder de las leyes divinas que permiten al hombre lanzar sus artefactos hacia las estrellas, todavía nos sentimos totalmente incapaces para ordenar nuestros sistemas aquí, en la Tierra. Aun cuando tratamos de hallar una manera de asegurar que el Homo sapiens no liquide su planeta entre llamas nucleares, se alza un coro de voces que nos dice que el hombre puede suprimir su Tierra bien mediante el exceso de población, exigiendo demasiado a sus recursos naturales, o mediante ambas cosas.*

*«Así, el artefacto lanzado al espacio es al mismo tiempo un guante de desafío lanzado a la Tierra: que la placa lleve en su tiempo el mensaje de que el hombre está todavía aquí, no que haya estado aquí.»*

El mensaje que llevaba a bordo el *Pioneer 10* ha sido una auténtica diversión. Pero también ha sido algo más que eso. Es una especie de prueba cósmica Rorschach, en la cual muchas personas ven reflejadas sus esperanzas y temores, sus



aspiraciones y derrotas, los más oscuros y los más luminosos aspectos del espíritu humano.

El envío de tal mensaje nos obliga a considerar cómo deseamos estar representados en una raciocinación cósmica. ¿Cuál es la imagen de la Humanidad que podríamos desear presentar a una civilización superior ubicada en cualquier punto de la Galaxia? La transmisión del mensaje del *Pioneer 10* nos estimula a considerarnos a nosotros mismos desde una perspectiva cósmica.

En mi opinión, creo que el mayor significado de la placa del *Pioneer 10* no es precisamente el hecho de enviar un mensaje al exterior, sino más bien el de que se trata de un mensaje enviado a nosotros mismos.

## 5. Experimentos en utopías



*La búsqueda de utopías* de Jon Lomberg.

Al valorar la probabilidad de que existan avanzadas civilizaciones tecnológicas en cualquier punto de la Galaxia, nos encontramos con que el hecho o factor más importante es precisamente aquel sobre el cual menos sabemos: el tiempo de vida de tal civilización. Si las civilizaciones se destruyen a sí mismas rápidamente tras haber alcanzado la fase tecnológica, en cualquier momento dado (como ahora) pueden existir muy pocas con las cuales entrar en contacto. Si, por otra parte, una pequeña parte de esas civilizaciones saben vivir con armas de destrucción masiva y

evitan tanto las catástrofes naturales como las autogeneradas, entonces puede llegar a ser muy grande el número de civilizaciones con las que poder comunicarnos en cualquier momento.

Esta evaluación o, más bien, simple razonamiento, es precisamente el que hace que nos preocupe el tiempo de vida de tales civilizaciones. Y, por supuesto, todavía hay una razón aún más poderosa. Debido a causas, esta vez de carácter personal, esperamos que el tiempo de vida de nuestra civilización sea largo.

Probablemente no hay ninguna época en la historia de la Humanidad que haya sufrido tantas variaciones y cambios como en la presente. Hace doscientos años se enviaba la información de una ciudad a otra empleando un medio no más rápido que el simple caballo. Hoy día, tal información se puede transmitir por teléfono, telégrafo, radio, o televisión, a la velocidad de la luz. En doscientos años, la velocidad de comunicación ha aumentado mediante un factor de treinta millones. Creemos que no se producirá un correspondiente avance futuro, puesto que los mensajes no pueden enviarse con mayor rapidez que la velocidad de la luz.

Hace doscientos años se tardaba tanto en ir desde Liverpool a Londres como ahora se tarda en ir desde la Tierra a la Luna. Cambios muy parecidos se han dado en los recursos energéticos al alcance de nuestra civilización, en la cantidad de información que se almacena y procesa, en los métodos de producción de alimentos y su distribución, en la síntesis de nuevos materiales, en la concentración de población que se ha movido desde el campo a las ciudades, en el enorme incremento de la población, en las mejoras de la práctica médica y en el enorme trastorno social.

Nuestros instintos y emociones son los mismos de nuestros antepasados y primitivos cazadores de hace un millón de años. Pero nuestra sociedad es asombrosamente diferente a la de hace un millón de años. En épocas de cambios lentos, los conocimientos y habilidades aprendidas por una generación son utilizados, probados y adaptados, y se reciben gustosamente cuando se pasan a la generación siguiente. Pero en épocas como la actual, cuando la sociedad cambia extraordinariamente sólo en el curso de una vida humana, los conocimientos paternos ya no tienen validez alguna para los jóvenes. El denominado abismo generacional no es más que una consecuencia del índice de cambio tecnológico y social.

Incluso en el transcurso de una vida humana el cambio es tan grande que muchas personas quedan aisladas de su propia sociedad. Margaret Mead ha descrito a los ancianos de hoy día como involuntarios inmigrantes del pasado al presente.

Los viejos supuestos económicos, los antiguos métodos de decisión en cuanto respecta a los líderes políticos, los vetustos métodos de distribución de recursos, los de comunicar información desde el Gobierno al pueblo –y viceversa–, todos pueden una vez haber sido válidos, útiles, o al menos adaptables, pero actualmente quizá ya no posean ningún valor de supervivencia en absoluto. Todas las viejas actitudes opresivas y chauvinistas entre razas, entre sexos, y entre grupos económicos están cambiando justificadamente. Está rasgándose la tela social que cubre al mundo.

Al mismo tiempo, hay intereses creados que se oponen al cambio. Incluyen a individuos que están en el poder y que tienen mucho que ganar a corto plazo manteniendo los antiguos métodos y formas de vida, aun cuando sus hijos tengan

mucho que perder a largo plazo. Son individuos incapaces de cambiar de actitud en sus edades medianas, actitud que se les inculcó, naturalmente, cuando eran jóvenes.

La situación es verdaderamente difícil. El índice de cambio no puede continuar indefinidamente. Como así lo indica el ejemplo de las comunicaciones, es preciso alcanzar un límite. No podemos comunicarnos a mayor velocidad que la luz. No podemos tener una población que sea superior a los recursos de la Tierra. Sea cuales fueren las soluciones que se logren, a partir de ahora transcurrirán centenares de años sin que la Tierra experimente grandes cambios y tensiones sociales. Sin duda alcanzaremos alguna solución a nuestros problemas actuales. La pregunta es: ¿qué solución?

En el terreno científico, una situación tan complicada como ésta resulta difícil de tratar teóricamente. No entendemos todos los factores que influyen sobre nuestra sociedad y, por tanto, no podemos hacer seguras predicciones sobre qué cambios son deseables. Hay demasiadas y complejas acciones recíprocas. A la Ecología se la ha llamado ciencia subversiva porque, cada vez que se hace un serio esfuerzo para conservar una característica del medio ambiente, se tropieza con enorme cantidad de intereses creados tanto sociales como económicos. Lo mismo se puede decir de cada vez que intentamos realizar cambios de importancia en algo que va mal; el cambio abarca a toda la sociedad en su conjunto. Es difícil aislar pequeños fragmentos de la sociedad y cambiarlos sin ejercer profunda influencia en el resto de la sociedad.

Cuando la teoría se hace imposible en la ciencia, entonces es preciso recurrir a la experimentación. El experimento es la piedra de toque de la ciencia sobre la que se asientan las teorías. El experimento es, explicado en otros términos, una especie de último tribunal de apelación. ¡Y lo que sin duda se necesita son sociedades experimentales!

Existe un buen precedente biológico para esta idea. En la evolución de la vida hay innumerables casos en los que un organismo era claramente dominante, altamente especializado y perfectamente aclimatado a su medio ambiente. Pero el medio ambiente cambió y el organismo murió. Por esta razón, la Naturaleza emplea las mutaciones o variaciones bruscas. La mayor parte de estas mutaciones son deletéreas o mortales. Las especies que han variado son menos adaptables que los tipos normales. Pero una entre mil o de cada diez mil, posee ligeras ventajas sobre sus padres. Las mutaciones se multiplican y el organismo así variado se encuentra ya mejor adaptado que antes.

Creo que lo que estamos necesitando son los cambios o mutaciones sociales. Quizá debido a que la tradición de la ciencia-ficción asegura que las mutaciones son feas y odiosas, sería mejor emplear otro término.

Pero la mutación social –una variación en el sistema social que se puede multiplicar y que si funciona bien puede ser el camino hacia otro futuro– parece ser la mejor frase. Sería conveniente examinar por qué algunos de nosotros consideramos discutible esta frase.

Deberíamos estimular la experimentación social, económica y política, a gran escala, en todos los países. Sin embargo, al parecer, está ocurriendo lo contrario. En países como los Estados Unidos y la Unión Soviética, la política oficial consiste precisamente en desalentar la experimentación porque, desde luego, es impopular para la mayoría. La consecuencia práctica es una desaprobación fuertemente popular de los cambios que puedan ser extraordinarios. Los jóvenes idealistas urbanos inmersos en una cultura de la droga, con formas de vestir consideradas como grotescas según normas convencionales, y sin ningún conocimiento sobre agricultura, no es probable que obtengan el éxito en establecer utópicas comunidades agrícolas en el Sudoeste americano, incluso sin hostigamientos o persecuciones locales. Sin embargo, estas comunidades experimentales, en todo el mundo, han estado y están sujetas a la hostilidad y violencia de sus vecinos más convencionales. En algunos casos, los vigilantes se encolerizan porque, en el fondo, rechazan todo cuanto les ha inculcado la generación precedente con respecto a los convencionalismos.

Por tanto, no debe sorprendernos que fracasen las comunidades experimentales. Tropezan siempre con enorme oposición. Sólo se da un pequeño número de mutaciones. Pero la ventaja que tienen las mutaciones sociales sobre las mutaciones biológicas es que los individuos aprenden; los participantes en fracasados experimentos comunales pueden valorar las razones del fracaso y en posteriores experimentos tratar de evitar las causas del fracaso inicial.

No sólo debieran contar con la aprobación popular tales experimentos, sino también con una ayuda gubernamental que los apoyara. Los voluntarios para dichos experimentos utópicos –al enfrentarse con situaciones muy extrañas y hasta peligrosas en beneficio de la sociedad– creo que han de considerarse como hombres y mujeres de gran valor, de un valor realmente ejemplar. Son como el rompehielos que se abre paso hacia el futuro. Un día surgirá una comunidad experimental que funcione mucho más eficazmente que la sociedad políglota, correosa, y llena de parches en que estamos viviendo. Entonces tendremos ante nosotros una alternativa viable.

No creo que haya nadie hoy día lo suficientemente sabio como para predecir cuál será el futuro de tal sociedad. Puede que haya muchas y diferentes alternativas para cada una de ellas, por supuesto, con más éxito que la penosa y triste variedad que actualmente vivimos.

Un problema íntimamente relacionado con éste es que las sociedades no occidentales, subdesarrolladas, carentes de toda tecnología, viendo el poder y la gran riqueza material de Occidente, están haciendo enormes esfuerzos por imitarnos, abandonando así muchas antiguas tradiciones, y formas de vida realmente importantes. Hoy día sabemos muy bien que algunas de esas alternativas que se abandonan contienen elementos para las otras alternativas que buscamos. Debe haber alguna manera de conservar los elementos adaptables de nuestras sociedades –dolorosamente logradas a través de milenios de evolución sociológica–, mientras que, al mismo tiempo, es preciso aceptar la tecnología moderna. El problema principal y más inmediato es extender los logros tecnológicos a la vez que se mantiene la diversidad cultural.

Algunas veces se estima que la propia tecnología constituye un problema en sí. Yo sostengo que el error reside en el mal uso que hacen de la tecnología los líderes de las sociedades elegidos por métodos democráticos o, simplemente, a dedo, como hoy día se dice. Si tuviésemos que volver a primitivas tentativas agrícolas, como algunos sugieren, viéndonos obligados a abandonar la tecnología agrícola moderna, condenaríamos a muerte a centenares de millones de personas. El problema está en usar prudentemente la tecnología.

Por razones muy similares, la tecnología debe ser un factor principalísimo en sociedades planetarias más antiguas que la nuestra. Considero probable que esas sociedades que son infinitamente más sabias y benignas que la nuestra, sin embargo, gozan de una tecnología mucho más avanzada que la terrestre.

Nos encontramos en un momento de transición en la historia de la vida sobre la Tierra. No hay instantes más peligrosos, pero también es verdad que ni hubo ni hay momentos tan prometedores para el futuro de la vida en nuestro planeta.

## 6. Chauvinismo

En el fondo, los chistes son una forma más de luchar contra la ansiedad. Hay un tipo de chistes que se relaciona íntimamente con la vida extraterrestre. En uno de ellos, un visitante extraterrestre que llega a la Tierra se acerca a una bomba de gasolina o una máquina de vender chicle –el efecto depende de quién los cuente– y pregunta:

*«¿Qué es lo que está haciendo en un lugar como éste una chica tan bonita como tú?»*

En cualquier otra parte, los seres, sin duda alguna, serán muy diferentes a nosotros. Pero el chiste supone que los organismos extraterrestres serán, si no como los seres humanos, sí como bombas de gasolina o máquinas vendedoras de chicle. Lo más probable es que los seres extraterrestres no se parezcan en absoluto a cualquier organismo o máquinas que para nosotros resulten familiares. Los extraterrestres serán el producto de miles de millones de años de evolución biológica independiente, evolución lenta, paso a paso, y en cada uno de estos pasos se habrán dado una serie de pequeños accidentes de mutación, en planetas con medio ambientes muy distintos del que caracteriza a la Tierra.

Pero estos chistes subrayan un problema general y una virtud también general al pensar o reflexionar sobre la vida en cualquier otro lugar. El problema es que tan sólo tenemos para estudiar una sola clase de vida, la biología correlacionada del planeta Tierra, todos los organismos de los que se ha descendido a partir de un solo caso del origen de la vida. Para el biólogo tanto como para el profano, resulta difícil determinar qué propiedades de la vida en nuestro planeta son accidentes del proceso evolutivo y qué propiedades son características de la vida en todas partes. La suposición de que la vida en cualquier otro lugar ha de ser, de alguna forma principal, la misma que aquí es una fantasía, noción o presunción, que llamaré puro chauvinismo.

A la vez que tal chauvinismo ha sido y es cosa común a través de toda la historia humana, de vez en cuando han surgido puntos de vista mucho más claros, como, por ejemplo, el del gran astrónomo francés Pierre Simon, marqués de Laplace. En su obra clásica *Le mecanique celeste* escribió:

*«La influencia [del Sol] provoca el nacimiento de animales y plantas que cubren la Tierra, y la analogía nos induce a creer que produce efectos similares en los planetas; pues no es natural proponer o afirmar que este factor, cuya fecundidad vemos desarrollarse de varias formas, deba ser estéril sobre un planeta tan grande como Júpiter, que, al igual que la Tierra, tiene sus días, sus noches, y sus años, y en el cual la observación descubre cambios que indican la presencia de fuerzas muy activas. El hombre, formado para vivir a la temperatura que disfruta sobre la Tierra, no podría, según todo posible indicio, vivir en otros planetas, pero ¿es que no habrá cierta diversidad de organización adecuada a las diferentes temperaturas de los planetas de este Universo? Si la diferencia de elementos y climas causa tal variedad en la producción de la Tierra, ¿cuan infinitamente diversificada debe ser la producción de los planetas y sus satélites?»*

Laplace escribía estas palabras a finales del siglo XVIII.



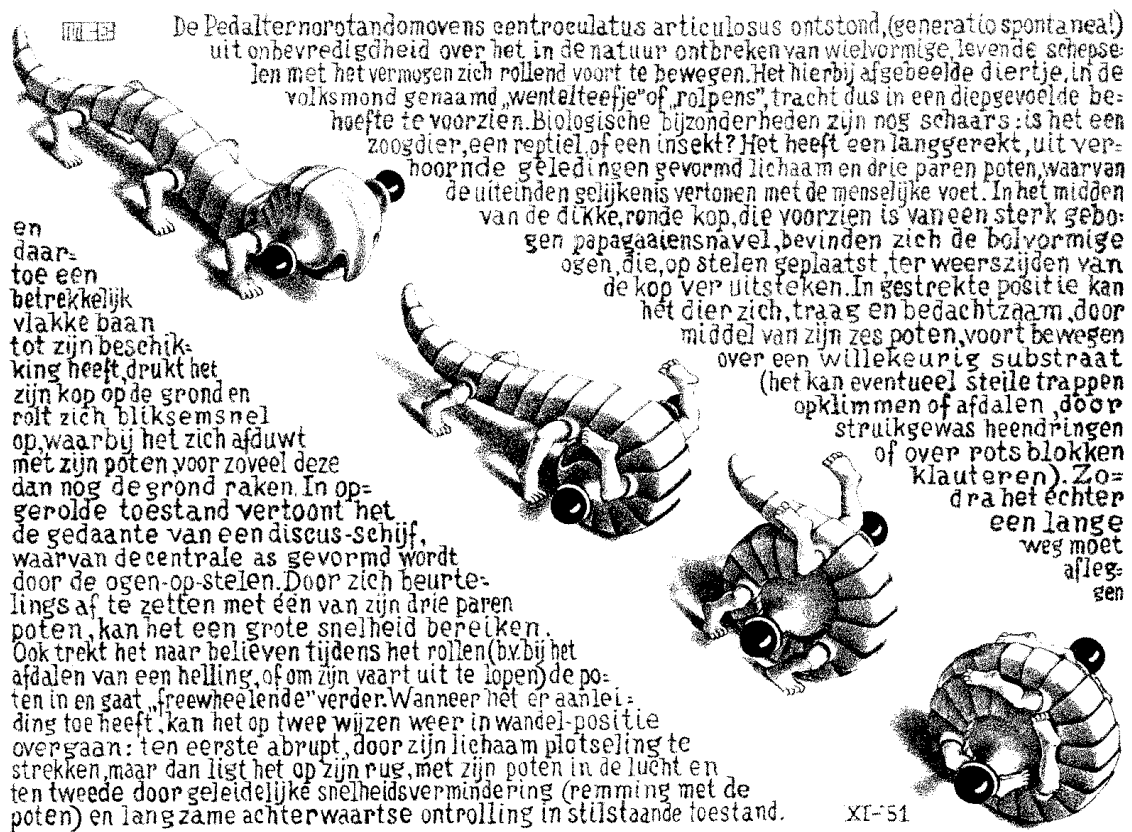
«Evidentemente, los habitantes de la Tierra son muy parecidos a nosotros los jupiterianos.. Excepto en el hecho de que no usan ropa.»

Un comentario sobre el chauvinismo. Cortesía de Paul Conrad, *Times* de Los Angeles.

La virtud, o, más bien, la cualidad, de pensar en la vida de cualquier otra persona nos obliga a forzar nuestra imaginación. ¿Podemos pensar en soluciones alternativas a problemas biológicos ya resueltos de una forma particular en la Tierra? Por ejemplo, la rueda es una invención relativamente reciente en el planeta Tierra. Parece haber sido inventada en el antiguo Oriente Próximo hace menos de diez mil



años. De hecho, las avanzadas civilizaciones de América Central, los aztecas y los mayas, nunca emplearon la rueda a no ser en los juguetes de los niños. La Biología –el proceso evolutivo– nunca ha inventado la rueda, a pesar de que sus ventajas selectivas son manifiestas. ¿Por qué no ha de haber arañas rodadas o cabras o elefantes deslizándose sobre ruedas por las autopistas? La respuesta más evidente es que hasta hace muy poco tiempo no existían las autopistas. Las ruedas se emplearon y se emplean cuando se dispone de superficies adecuadas a ellas. Como el planeta Tierra es un lugar heterogéneo, «abollado», con pocas zonas llanas, no había ventaja alguna en desarrollar y perfeccionar la rueda. Podemos imaginar otro planeta con enormes superficies cubiertas de lava, superficies llanas, suaves, en las que los organismos rodados sean abundantes. El fallecido artista holandés M. C. Escher diseñó un organismo parecido a una salamandra que encajaría muy bien en semejante medio ambiente.



**Animalillos-cachivache, litografía de Maurits Cornelis Escher de 1951.**

La evolución de la vida en la Tierra es un producto de acontecimientos azarosos, mutaciones casuales y de etapas evolutivas en especies aisladas; las pequeñas y primeras diferencias en la evolución de la vida más tarde ejercen enorme influencia en la misma evolución. Si comenzásemos a formar la Tierra nuevamente y dejáramos que operasen sólo los factores al azar, creo que no nos pareceríamos en absoluto a los seres humanos. Si esto es así, es mucho menos probable que los organismos que han evolucionado independientemente en un medio ambiente por completo distinto de otro planeta de una lejanísima estrella hayan de parecerse a los seres humanos.

Así pues, las obras de ciencia-ficción que tratan del amor sexual entre un ser humano y un habitante de otro planeta ignoran, en el sentido más fundamental, las realidades biológicas. John Carter podía amar a Dejah Thoris, pero, a pesar de lo que creía Edgar Rice Burroughs, su amor no podía consumarse. Y aun cuando pudiera, no sería posible la descendencia. De la misma manera, la categoría de una historia de contacto sexual entre humanos y saucerianos, muy de moda en algunos entusiásticos círculos OVNI, y descrito recientemente en una revista semanal con el modesto título:

*«¡Hicimos el amor con una rubia de un platillo volante!»*

debe relegarse al reino de la improbable fantasía. Tales amores y «cruces» son tan razonables como el cruce entre un hombre y una petunia.

Una frase muy popular –aparece a menudo en los libros sobre los planetas– es:

*«la vida, tal y como la conocemos»*

Leemos que la «*vida tal y como la conocemos*» es imposible en éste o aquel planeta. Pero, ¿qué es la vida tal y como la conocemos? Depende enteramente de quién sea el «*nosotros*». Una persona poco versada en Biología, que no pueda apreciar las numerosas adaptaciones y variedades de los organismos terrestres, tendrá una idea muy pobre acerca de la extensión y alcance de los posibles «*habitats*» biológicos. Incluso hay discusiones entre famosos científicos que dan la impresión de que un medio ambiente que es incómodo para mi abuela es imposible para la vida.

En cierta época se pensó que se había detectado en la atmósfera de Marte óxido de nitrógeno. Se publicó un documento o comunicación científica sobre este supuesto hallazgo. Los autores de la comunicación alegaban que, por tanto, la vida era imposible en Marte porque los óxidos de nitrógeno son gases venenosos. Por lo menos, existen dos objeciones a este argumento. En primer lugar, los óxidos de nitrógeno son gases tóxicos sólo para algunos organismos de la Tierra. En segundo lugar, ¿qué cantidad de óxidos de nitrógeno se supone ha sido descubierta en Marte? Cuando calculé la cantidad, resultó que era inferior a la que como término medio flota sobre Los Angeles. Los óxidos de nitrógeno son importantes componentes del «puré de guisantes». La vida en Los Angeles puede ser difícil, pero aún no es imposible. La misma conclusión se puede aplicar a Marte. El problema final de estas observaciones particulares es que muy probablemente sean equivocadas. Por ejemplo, los últimos estudios y observaciones hechos por Tobias Owen y por mí con el Observatorio Astronómico Orbitante han demostrado que no existen óxidos de nitrógeno en Marte.

También es muy corriente el chauvinismo del oxígeno. Si un planeta carece de oxígeno, se dice que es inhabitable. Este punto de vista ignora el hecho de que la vida surgió en la Tierra bajo una total falta de oxígeno. De hecho, el chauvinismo del oxígeno, si se acepta, demuestra lógicamente que la vida en cualquier otro lugar es imposible. En principio, el oxígeno es un gas tóxico. Químicamente se combina con y destruye las moléculas orgánicas que componen la vida terrestre. Hay muchos organismos en la Tierra que no necesitan oxígeno y otros muchos que se intoxican con él.

Todos los primitivos organismos de la Tierra no usaron oxígeno molecular O<sub>2</sub>. En un brillante conjunto de adaptaciones evolutivas, los organismos como insectos, ranas y peces, además de las personas, aprendieron no sólo a sobrevivir en la presencia de este gas tóxico, sino a usarlo para aumentar la eficacia con la cual metabolizamos los alimentos. Pero esto no debe ocultarnos el carácter fundamentalmente tóxico de este gas. La ausencia de oxígeno en un lugar como Júpiter es, por tanto, un argumento difícil de mantener en contra de la vida en tales planetas.

También hay chauvinistas en el terreno de la luz ultravioleta. A causa del oxígeno presente en la atmósfera terrestre, en las altas capas de la misma se produce una variedad de molécula de oxígeno llamada ozono (O<sub>3</sub>), aproximadamente a unos 50 km sobre la superficie. Esta capa de ozono absorbe los rayos ultravioleta de longitud de onda media del Sol, impidiéndoles que alcancen la superficie de nuestro planeta. Estos rayos son germicidas. Se emiten mediante lámparas ultravioleta normalmente usadas para esterilizar instrumentos quirúrgicos. Los fuertes rayos ultravioleta del Sol constituyen un peligro sumamente grave para una gran proporción de formas de vida en la Tierra. Pero esto se debe a que la mayor parte de tales formas de vida terrestre se desarrollaron en ausencia de una elevada radiación ultravioleta.

Es fácil imaginar adaptaciones para proteger a los organismos contra la luz ultravioleta. De hecho, las quemaduras del Sol y la melanodermia son adaptaciones en este sentido. No han ido muy lejos en la mayor parte de los organismos terrestres porque la actual radiación ultravioleta no es muy elevada. En un lugar como Marte donde hay poco ozono, la luz ultravioleta de su superficie es extremadamente intensa. Pero la superficie marciana cuenta con un material que absorbe intensamente la luz ultravioleta –como lo hacen la mayor parte del suelo y las rocas– y podemos imaginar fácilmente organismos vagando de acá para allá con pequeños escudos opacos antiultravioleta en sus espaldas: tortugas marcianas. O, quizás, organismos marcianos cargados con parasoles ultravioleta. Muchas moléculas orgánicas también podrían usarse en las capas exteriores de organismos extraterrestres para protegerlos contra la luz ultravioleta.

Otro chauvinismo: la temperatura. Se dice que las temperaturas sumamente bajas que reinan en planetas como Júpiter o Saturno, en el exterior del Sistema Solar, hacen allí imposible toda clase de vida, pero estas bajas temperaturas no se aplican a todas las zonas del planeta. Se refieren únicamente a las capas de nubes más exteriores, las capas que son accesibles a los telescopios infrarrojos que pueden medir temperaturas. Sin duda alguna, si pudiésemos instalar este telescopio en la vecindad de Júpiter orientándolo hacia la Tierra, deduciríamos que en la Tierra las temperaturas son muy bajas. Estaríamos registrando la temperatura de las nubes superiores y no las de la mucho más cálida superficie terrestre. En la actualidad está firmemente establecido, tanto teóricamente como mediante la observación por radio de estos planetas, que, a medida que penetramos bajo las nubes visibles, las temperaturas van en aumento. Hay siempre una región en la atmósfera de Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, que goza de temperaturas realmente cómodas, de acuerdo con las normas terrestres en este sentido.

Pero, ¿por qué es necesario tener temperaturas como éstas en la Tierra, con objeto de que así prolifere la vida? Un ser humano se siente gravemente afectado si la temperatura de su cuerpo varía en 20° hacia arriba o hacia abajo. ¿Acaso ocurre

esto porque vivimos por accidente en un planeta del Sistema Solar, cuya superficie mantiene una temperatura ideal en cuanto se refiere a la biología? ¿O es que nuestra química se ha adaptado delicadamente a la temperatura del planeta en que hemos evolucionado? Creo que éste es el caso. Otras temperaturas, otras bioquímicas.

Nuestras moléculas biológicas se sitúan, por así decirlo, en complejas disposiciones tridimensionales. El funcionamiento de estas moléculas, particularmente las enzimas, se activa o desactiva alterando esta disposición tridimensional. El grado de afinidad química que producen estas disposiciones debe ser suficientemente débil como para interrumpirse convenientemente a temperaturas [normales] terrestres y, al mismo tiempo, lo bastante sólido para no deshacerse por completo si se le deja sólo durante cortos períodos de tiempo. Un enlace químico conocido como *enlace de hidrógeno* posee la adecuada energía intermedia entre estas alternativas inestables. El *enlace de hidrógeno* está íntimamente relacionado con la bioquímica tridimensional de los organismos terrestres.

En un planeta mucho más caluroso, como Venus, nuestras moléculas biológicas quedarían destrozadas. En un planeta mucho más frío, en el exterior del Sistema Solar, nuestras moléculas biológicas adoptarían un estado rígido y nuestras reacciones químicas no actuarían de ninguna forma útil. Sin embargo, es posible que unos enlaces mucho más fuertes en Venus y otros mucho más débiles en el exterior del Sistema Solar desempeñen el mismo papel que representen en la Tierra los *enlaces de hidrógeno*. Es muy probable que nos hayamos mostrado demasiado tajantes al rechazar la vida a temperaturas muy diferentes de las que existen en nuestro planeta. No se conocen muchas reacciones químicas que se desarrollen con índices útiles a temperaturas muy bajas como las que podrían existir en Plutón de 30 ó 40° sobre el cero absoluto \* . Pero también hay muy pocos laboratorios químicos en la Tierra donde se hayan realizado experimentos a 30 ó 40° sobre el cero absoluto. Con unas pocas excepciones, tales experimentos no se han realizado en ningún momento.

\* \_ Plutón fue descubierto en el año 1930 por Clyde Tombaugh. Su distancia media del Sol, es de 5.900 millones de kilómetros y el período orbital es casi de 248 años. La órbita de Plutón es tan excéntrica (0,248), que se acerca aún más al Sol que Neptuno. Por esta razón, cuando se encuentra en la región del perihelio (cosa que ocurrió en 1989) deja de ser el planeta más externo. El autor de *La conexión cósmica* habla de la temperatura que podría existir en Plutón de -30 ó -40°, pero, al parecer, existen muchas dudas sobre tal temperatura, hasta el punto de que la mayor parte de los textos la mencionan con una "?". Nota del Traductor.

Así pues, nos hallamos a merced de la selección por observación. Examinamos solamente una pequeña fracción de la posible gama de casos debido a una inconsciente preferencia o predisposición, y entonces concluimos que todos los casos concebibles deben ajustarse a los que no han forzado nuestras preconcepciones.

Otro chauvinismo muy común –que dicho sea de paso comparto en cierta medida– es el del carbono. Un conocido chauvinista en este terreno mantiene que los sistemas biológicos de cualquier otro lugar del Universo estarán formados por compuestos de carbono, como la vida de nuestro planeta. Hay alternativas posibles: átomos como el silicio o el germanio pueden intervenir en algunas de las mismas

clases de reacciones químicas que el carbono. También es cierto que se ha prestado más atención a la química orgánica del carbono que a la química orgánica del silicio o del germanio, en parte, principalmente, porque la mayoría de los bioquímicos que conocemos se dedican más al carbono que a la variedad del silicio o germanio. Sin embargo, y por lo que sabemos sobre las alternativas químicas en este sentido, parece evidente que –excepto en medios ambientes de temperaturas muy bajas– existe una variedad mucho más amplia de compuestos complejos que se pueden formar del carbono que de las otras alternativas \* .

\* \_ Aquí el autor razona bien. Me permito añadir que, por lo que hasta ahora sabemos, el carbono es el elemento más adecuado, por sus propiedades y características, para formar, como dice el señor Sagan, moléculas complejas, y es muy probable que, si existen formas de vida en otros planetas, sean muy parecidas a las terrestres, si no en su forma, al menos en su constitución. No obstante, entre los restantes elementos también el silicio tiene posibilidades de formar estructuras bastante complejas, por lo cual no se puede excluir la posibilidad de que, en algún planeta conocido, existan formas de vida basadas en el silicio. Otra posibilidad (simple hipótesis aventurada y de ningún modo previsión científica) sería que una vida orgánica basada en el carbono a baja temperatura pudiese subsistir en una atmósfera en la que el papel del agua lo desempeñara el amoníaco líquido. Si se tienen en cuenta las condiciones ambientales de Júpiter y Saturno, esta hipótesis adquiere cierto interés. N. del T..

Por añadidura, la abundancia cósmica de carbono excede a la del silicio, germanio u otras alternativas. En cualquiera otra parte del Universo, sobre todo en medios ambientes planetarios primitivos en los cuales se esté dando origen a la vida, hay simplemente más carbono que átomos alternativos para formar moléculas complejas. Por los experimentos de laboratorio en los que se simula la primitiva atmósfera de la Tierra o los actuales medios ambientes de Júpiter, así como también mediante los estudios radioastronómicos del medio interestelar, vemos existe una profusión de moléculas orgánicas simples y complejas producidas por una amplia variedad de fuentes de energía. Por ejemplo, en uno de nuestros experimentos el paso de una sola onda de choque a alta presión a través de una mezcla de metano (CH<sub>4</sub>), etano (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), amoníaco (NH<sub>3</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O) convirtió el 38 % del amoníaco en aminoácidos, cimientos de las proteínas. No se obtuvieron enormes cantidades de otras clases de moléculas orgánicas.

Así pues, los átomos y las moléculas simples de que estamos formados es probable que sean comunes a organismos de cualquier otro lugar del Universo. Pero la manera específica en que estas moléculas se junta y las formas específicas y fisiológicas de los organismos extraterrestres pueden ser sumamente diferentes de lo que es corriente en nuestro planeta, a causa de sus diferentes historias evolutivas.

Al considerar cuáles han de ser las estrellas a estudiar y examinar buscando posibles señales de radio dirigidas a nosotros, usualmente se presta mucha atención a estrellas como nuestro Sol. Se ha alegado, con razón, que la búsqueda e investigaciones deben iniciarse con un tipo de estrella en la que sepamos hay vida, al menos en uno de sus planetas, repito que principalmente estrellas como nuestro conocido Sol. En el Proyecto Ozma, primer intento de búsqueda de señales de radio, las dos estrellas examinadas, Tau Ceti y Épsilon Eridani, eran ambas estrellas con masa, radio, edad y composición muy parecidas a nuestro Sol, que los astrónomos llamaron G-O *enanas*. De hecho, eran las dos estrellas más cercanas y más parecidas al Sol.

Pero, ¿hemos de limitar nuestra atención a estrellas parecidas al Sol? Creo que no. Estrellas con masa ligeramente menor y de luminosidad también inferior que la de nuestro Sol tienen existencia más antigua. Estas estrellas llamadas *enanas* K y M pueden tener miles de millones de años más que el Sol. Si suponemos que cuanto más larga sea la vida de un planeta, más inteligentes serán los organismos que en él se han desarrollado, entonces debemos dirigir nuestra atención a las estrellas K y M y evitar el chauvinismo de la estrella G. Puede objetarse que los planetas de las estrellas K y M son mucho más fríos que la Tierra, y que la vida en ellos es muy poco probable. La premisa de esta objeción no parece ser muy válida. Tales planetas parecen estar más cerca de sus estrellas que los correspondientes planetas de nuestro Sistema Solar, y ya hemos hablado de la falsedad o falacia del chauvinismo de la temperatura. Por otra parte, también hay muchas más estrellas K y M que estrellas G.

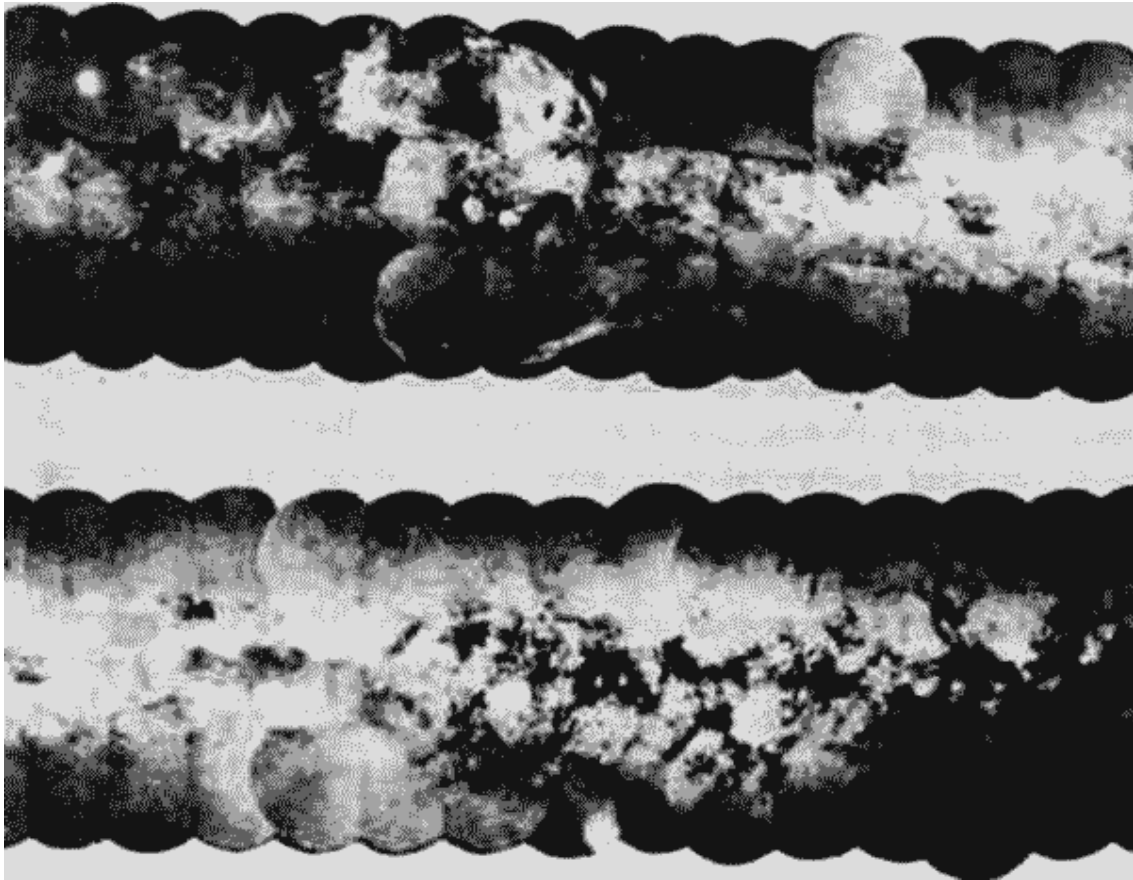
¿Existe un chauvinismo planetario? La mayor parte de la vida surge y reside en planetas, ¿o acaso pudiera haber organismos que habitan en las profundidades del espacio interestelar, superficies o interiores de estrellas, o incluso otros objetos cósmicos incluso más exóticos?

Resulta muy difícil responder a estas preguntas dado nuestro actual estado de ignorancia. La densidad de la materia en el espacio interestelar es tan baja que allí, simplemente, un organismo no puede adquirir suficiente material para realizar una copia de sí mismo en cualquier período de tiempo razonable. Sin embargo, esto no es cierto en cuanto se refiere a las densas nubes interestelares, pero tales nubes viven durante cortos períodos de tiempo, condensándose para formar estrellas y planetas. En el proceso se calientan tanto que probablemente se destruye cualquier compuesto orgánico que contengan.

Podríamos imaginar organismos desarrollándose en planetas con atmósferas que lentamente vayan alejándose en el espacio, permitiendo que los organismos se vayan adaptando gradualmente a unas condiciones cada vez más duras, y, por último, aclimatándose a lo que, en efecto, es un medio ambiente interestelar. Los organismos que abandonan tales planetas –quizá mediante presión de radiación electromagnética, o por viento solar del sol local– podrían poblar el espacio interestelar, pero aun así tendrían que enfrentarse con insolubles problemas de mala nutrición.

Hay una especie diferente de organismo interestelar mucho más probable: seres inteligentes que nacen en planetas como nosotros, pero que han trasladado su campo de actividad al volumen mucho más vasto del espacio interestelar. Los seres, en nuestro lejano futuro tecnológico, deberán poseer capacidades que hoy día ni siquiera podemos imaginar. No puede dudarse que tales sociedades deberán dominar la materia y energía de las estrellas y galaxias con objeto de ponerlas a su servicio. Así como nosotros somos organismos que únicamente nos sentimos «en casa» cuando pisamos tierra, aunque hayamos evolucionado del mar, el Universo puede poblarse con sociedades que nazcan en planetas, pero que únicamente se sientan cómodos en las profundidades del espacio interestelar.

## 7. La exploración del espacio como empresa humana - 1. El interés científico



Fotografía compuesta de cámaras *all-sky* de nuestra galaxia Vía Láctea. Cortesía del Dr. Bart Bok y del Lund Observatory.

Hay un lugar con cuatro soles en el cielo: rojo, blanco, azul, y amarillo; dos de ellos están tan cerca uno del otro que se tocan, y entre ellos se extienden las estrellas.

Conozco un mundo con un millón de lunas.

Conozco un sol que tiene el tamaño de la Tierra, un sol con diamantes.

Hay núcleos atómicos de 1.600 m de ancho que giran treinta veces por segundo.

Hay diminutos granos entre las estrellas, con el tamaño y composición atómica de las bacterias.

Hay bacterias que abandonan la Vía Láctea.

Hay inmensas nubes de gas que penetran en la Vía Láctea.

Hay plasmas turbulentos que se retuercen con poderosas explosiones estelares y con rayos X y gamma.

Hay, quizá, lugares fuera de nuestro Universo.

El Universo es vasto y pavoroso y por vez primera estamos formando parte de él.

Los planetas ya no son luces que vagan por el firmamento nocturno. Durante siglos, el hombre vivió en un Universo que parecía seguro y agradable, incluso limpio. La Tierra era el blanco de la creación y el hombre, el pináculo de la vida mortal. Pero estas nociones alentadoras y de arcaica belleza no soportaron la prueba del tiempo. Ahora sabemos que vivimos en un diminuto trozo de roca y metal, en un planeta más pequeño que algunas de las relativamente menores manchas de Júpiter, y algo que resulta casi insignificante cuando lo comparamos con una sencilla mancha del Sol.

Nuestra estrella, el Sol, es pequeña, fresca y poco insinuante, uno de los doscientos mil millones de soles que forman la Vía Láctea. Estamos situados tan lejos del centro de la Vía Láctea, que la luz tarda unos 30.000 años en llegar a nosotros desde allí viajando a una velocidad de unos 300.000 km por segundo. Estamos en lo que podríamos llamar casi el borde de la galaxia donde no existe acción alguna. La Vía Láctea es totalmente insignificante, ya que no es más que una galaxia más entre miles de millones de otras galaxias esparcidas por la inmensidad aterradora del espacio.

«*El Mundo*» ya no se puede traducir por «*El Universo*». Vivimos en un mundo inmerso entre la inmensidad de otros.

Las ideas de Charles Darwin sobre la selección natural han demostrado que no hay senderos evolutivos que conduzcan infaliblemente desde las formas simples al hombre; más bien, la evolución procede de un modo convulsivo, sin un plan determinado, y la mayor parte de las formas de vida conducen a callejones sin salida en la evolución. Somos el producto de una larga serie de accidentes biológicos. En la perspectiva cósmica no hay razón alguna para pensar que seamos los primeros, los últimos, o los mejores.

Estas concepciones de Copérnico y de Darwin son evidentemente muy profundas; para algunos, en cierta medida, inquietantes. Pero llevan consigo ideas que podríamos calificar de compensatorias. Nos damos perfecta cuenta de nuestra conexión con otras formas de vida tanto simples como complejas. Sabemos que los átomos que nos forman fueron sintetizados en los interiores de generaciones anteriores de estrellas moribundas. No ignoramos tampoco nuestra íntima relación con el resto del Universo, tanto en la forma como en la materia. El Cosmos que nos han revelado los nuevos avances en astronomía y biología es mucho más grandioso y más pavoroso también que el diminuto Mundo de nuestros antepasados. Y estamos formando parte de él, del Cosmos tal y como es y no del Cosmos de nuestros deseos.

Ahora mismo, la Humanidad se encuentra ante varias encrucijadas de carácter histórico. Nos hallamos en el umbral de un reconocimiento preliminar del Cosmos. Por primera vez en la Historia, el hombre es capaz de enviar sus instrumentos y a sí



mismo, personalmente, fuera de su planeta-hogar para explorar el Universo que le rodea.

Pero la exploración del espacio se ha justificado, principalmente en términos de grandes consideraciones de prestigio nacional, tanto en los Estados Unidos como en la Unión Soviética; en términos de mejora de capacidades tecnológicas, en una época en la que muchas personas consideran el desarrollo de la tecnología como de desastrosas consecuencias; en términos de una falsa necesidad militar, en una época en la que la gente de todo el mundo lo que más desea es una total desmilitarización de la sociedad.

En estas circunstancias no resulta sorprendente que se hagan preguntas duras acerca de los gastos espaciales, cuando existen necesidades urgentes y visibles en cuanto se refiere a fondos para corregir injusticias y mejorar la sociedad y la calidad de la vida en la Tierra. Evidentemente, estas preguntas son idóneas. Si los científicos no pueden dar al hombre de la calle una explicación satisfactoria sobre los gastos en la exploración del espacio, no es lógico ni moral que se destinen fondos públicos a tales aventuras.

El interés de un científico por la exploración espacial probablemente obedezca a deseos muy personales, algo que le desorienta, algo que le intriga, algo que posee implicaciones que le excitan. Pero no podemos pedir al público que gaste grandes sumas sólo para satisfacer la curiosidad del científico. Sin embargo, cuando profundizamos más en el interés profesional de un científico, a menudo hallamos un foco de preocupación que en gran parte llega a atraerse el interés público.

Un área fundamental de interés común es el problema de la perspectiva. La exploración del espacio nos permite ver a nuestro planeta y a nosotros mismos desde una nueva luz. Somos como lingüistas en una remota isla donde sólo se habla un único idioma. Podemos construir teorías generales sobre idiomas, pero no disponemos más que de un solo ejemplo para examinarlo. Es improbable que nuestra comprensión del idioma posea la generalidad que requiere una madura ciencia de lingüística humana.

Hay muchas ramas de la ciencia donde nuestro conocimiento es igualmente provincial y pueblerino, restringido a un simple y solo ejemplo entre una vasta multitud de posibles casos. Únicamente examinando el índice de casos asequibles en todas partes, se puede idear o proyectar una amplia ciencia general.

La ciencia que sin duda gana más con la exploración planetaria es la Biología. En un sentido muy fundamental, los biólogos tan sólo han estado estudiando una forma de vida en la Tierra. A pesar de la manifiesta diversidad de formas de vida terrestre, son idénticas en el más profundo de los sentidos. Tanto los tiburones y las begonias como las bacterias y las ballenas usan ácidos nucleicos para almacenar y transmitir información hereditaria. Todos utilizan proteínas para catálisis y control. Todos los organismos de la Tierra, que sepamos, emplean el mismo código genético. La estructura transversal de la célula del espermatozoide humano es casi idéntica a la del cilio de paramecio. La clorofila, hemoglobina y las sustancias responsables de la coloración de muchos animales son esencialmente la misma molécula.

Es difícil escapar a la conclusión –que en cierto sentido está implícita en la selección natural de Darwin– de que la vida en la Tierra se ha desarrollado partiendo de un solo ejemplo de origen de la vida. Si esto es cierto, tiene bastante sentido el que el biólogo no pueda distinguir lo necesario de lo superfluo o eventual, es decir diferenciar aquellos aspectos de la vida que cualquier organismo en cualquier lugar del Universo debe poseer simplemente para estar vivo, de aquellos aspectos de la vida que son resultado de la tortuosa evolución debida a pequeñas adaptaciones oportunistas.

La producción de moléculas orgánicas simples (basadas en el carbono) en condiciones planetarias primitivas y simuladas es hoy día tema de activa investigación de laboratorio. Como ya hemos visto anteriormente, las moléculas de que estamos hechos se pueden producir con cierta facilidad, en ausencia de vida y en condiciones planetarias primitivas en general. Pero no es posible llevar a cabo experimentos de laboratorio ni siquiera sobre las primeras etapas de la evolución biológica: las escalas de tiempo son demasiado largas. Sólo examinando sistemas de vida de otros lugares pueden determinar los biólogos cuáles son las demás posibilidades que existen.

Por esta razón, el descubrimiento de incluso un organismo extremadamente simple en Marte hubiese tenido profundo significado biológico. Por otra parte, si Marte está muerto, no cabe la menor duda de que se ha llevado a cabo un experimento natural en nuestro beneficio: dos planetas, en muchos aspectos parecidos, pero en uno se ha desarrollado la vida y en el otro no. Comparando el planeta control con el experimental, puede descubrirse mucho sobre el origen de la vida. De la misma manera, la búsqueda de productos químicos orgánicos y prebiológicos en la Luna, Marte, o Júpiter tiene una gran importancia para comprender los pasos que conducen al origen de la vida.

Como otro ejemplo de la perspectiva proporcionada por los estudios planetarios, consideremos la meteorología. Los problemas del flujo turbulento y la dinámica fluida figuran entre los más difíciles de la Física. Se han logrado algunos datos e ideas sobre el tiempo en la Tierra estudiando la posición de las corrientes de aire, examinando las fotografías de los satélites meteorológicos y la circulación de la atmósfera terrestre. A pesar de todo, la teoría meteorológica para la Tierra es hoy capaz de predicciones climáticas de largo alcance, pero sólo sobre áreas geográficas muy extensas, en condiciones en que puedan considerarse válidas las suposiciones simplificadoras, y circunscribiéndose a un corto plazo en el futuro. Los estudios de laboratorio sobre la circulación atmosférica poseen alcance limitado; clásicamente se llevan a cabo en pilas de fregar platos transformadas.

Sería agradable realizar un experimento «Joshua», impedir durante un rato que la Tierra gire. El cambio en la circulación proporcionaría conocimientos sobre el papel de la rotación de la Tierra en determinar la circulación (principalmente a través de las fuerzas de Coriolis). Pero tal experimento es tecnológicamente muy difícil. Asimismo produce efectos secundarios poco deseables. Por otra parte, el planeta Venus, con aproximadamente la misma masa y radio que la Tierra, tiene un movimiento de rotación doscientas cuarenta veces menor. La atmósfera de Venus es mucho más densa que la de la Tierra. La Naturaleza, pues, ha dispuesto un experimento natural para los meteorólogos.

Júpiter gira aproximadamente cada diez horas sobre su eje; un enorme planeta que lo hace mucho más rápidamente que la Tierra. Los efectos de la rotación deben de ser mucho más importantes que sobre la Tierra, e indudablemente Júpiter da la impresión de poseer una atmósfera turbulenta y terriblemente agitada; sus fajas y cinturones atmosféricos ciertamente son una prueba de su rápida rotación. Una buena comprensión de la circulación de las densas atmósferas de Venus y Júpiter mejorará, sin duda, nuestros conocimientos acerca de la circulación oceánica y atmosférica de la Tierra.

O fijémonos en el planeta Marte. He aquí un planeta con el mismo período de rotación y la misma inclinación de su eje de rotación a su plano orbital que la Tierra. Pero su atmósfera solamente alcanza al 1 % de la nuestra, carece de océanos y tampoco tiene agua líquida. Marte es un experimento de control sobre la influencia de los océanos y agua líquida en la circulación atmosférica.

Hasta hace muy poco tiempo, el geólogo sólo se había limitado a un tipo de estudio: el de la Tierra. Era incapaz de decidir qué propiedades de la Tierra son fundamentales a todas las superficies planetarias y cuáles son peculiares a las circunstancias únicas de la Tierra. Por ejemplo, las observaciones sismográficas de los terremotos han revelado la estructura interior de la Tierra y su división en corteza, manto, centro de metal fluido y núcleo interior sólido. Pero la razón de esta división sigue siendo muy oscura. ¿En alguna época geológica exudó la Tierra su corteza partiendo del manto? ¿Cayó de los cielos durante algún temprano acontecimiento catastrófico? ¿Acaso el núcleo de la Tierra se formó gradualmente durante una época geológica mediante el hundimiento o penetración del hierro a través del manto? ¿O se formó de forma discontinua, quizás, en una Tierra en fusión en la época en que se originó nuestro planeta? Tales problemas se pueden examinar efectuando observaciones sismométricas sobre la superficie de otros planetas, y podrían resultar poco costosos si se realizaran automáticamente con los instrumentos de que disponemos hoy día.

Actualmente se dispone de pruebas convincentes de que existe un movimiento de deriva continental. El movimiento de África y América alejándose un continente de otro es el ejemplo más conocido hasta la fecha. Algunas teorías mencionan el hecho de que la fuerza de impulso de la deriva continental y de la evolución del interior de nuestro planeta se hallan correlacionadas, por ejemplo, mediante corrientes de difusión de calor que circulan lentamente entre el núcleo y la corteza en el manto. Tales conexiones entre geología de superficie y el interior de los planetas están empezando a destacar en el estudio de otros astros. Ponemos a prueba nuestra comprensión de tales relaciones demostrando si pueden aplicarse a otro lugar cualquiera.

Las perspectivas que se han conseguido en esta clase de estudios proporcionan una amplia gama de consecuencias prácticas. Una generalización de la ciencia meteorológica puede conducir a grandes mejoras en el pronóstico del tiempo. Incluso podría conducir a la modificación del tiempo. El estudio de la atmósfera de Venus ya ha dado lugar a la teoría de que allí está teniendo lugar un efecto de «*invernadero*» descontrolado, un equilibrio inestable en el cual un aumento de la temperatura provoca un aumento del contenido de vapor de agua atmosférico, que a su vez provoca absorción infrarroja de la radiación térmica del planeta llevando a un

incremento aún mayor en la temperatura de la superficie, y así sucesivamente. Si la Tierra hubiese iniciado su recorrido ligeramente más cerca del Sol de lo que lo ha hecho, los cálculos teóricos preliminares indican que habríamos terminado por ser otro marchito y agostado Venus. Pero vivimos una época en la que la atmósfera de la Tierra está siendo fuertemente modificada por el hombre. Es de primordial importancia comprender lo que ha sucedido a Venus, con objeto de poder evitar una reproducción accidental en la Tierra del invernadero descontrolado de Venus.

Los estudios de las superficies e interiores de los planetas pueden dar lugar realmente a beneficios prácticos en el pronóstico de terremotos así como, a largo plazo, en las prospecciones geológicas de minerales valiosos en la Tierra.

La revolución que en el plano biológico supondría el descubrimiento de vida natural en otros lugares también proporcionaría unas enormes posibilidades de insospechados beneficios prácticos, particularmente en lo concerniente a la investigación del cáncer y del envejecimiento, temas que en la actualidad están más limitados por las ideas que por los medios económicos.

El estudio de la materia altamente condensada en las estrellas neutrones y la fabulosa producción de energía en los centros de galaxias ya han conducido a sugerencias sobre posibles modificaciones de las leyes de la física, leyes que se deducen en la Tierra para explicar los fenómenos observados en la misma.

La exploración del espacio proporcionará, inevitablemente, un rico y enorme conjunto de beneficios prácticos. Pero la historia de la ciencia sugiere que el más importante de todos ellos será siempre inesperado, beneficios que, en la actualidad, aún no somos suficientemente aptos para pronosticar o anticipar.

## 8. La exploración del espacio como empresa humana - 2. El interés público

El interés científico directo por la exploración del espacio y las consecuencias prácticas que se pueden imaginar como resultado de tales exploraciones no son de interés general y, por supuesto, tampoco principal, para el hombre de la calle o para el profano en tales materias. Hoy día –cuando las antiguas creencias están declinando– hay una especie de hambre filosófica, o, más bien, diría yo, que una necesidad de saber quiénes somos y cómo hemos llegado aquí. Hay una búsqueda constante, a menudo inconsciente, de una perspectiva cósmica para la Humanidad. Esto se puede observar en innumerables formas, pero mucho más claramente en los *campus* de las Universidades. Aquí se hace evidente el enorme interés hacia una amplia gama de tópicos pseudocientíficos o semicientíficos –astrología, estudio de OVNIS, investigación de los trabajos de Immanuel Velikovski, e incluso estudio de algunos superhéroes de ciencia-ficción–, todo lo cual representa un intento, desde mi punto de vista, absolutamente infructuoso, de proporcionar perspectiva cósmica a la Humanidad. El profesor George Wald, de Harvard, sin duda piensa en este anhelo de perspectiva cósmica, cuando escribe:

*«De cualquier modo que sea, tenemos que hallar nuestro camino de regreso a los valores humanos. Incluso diría que a la religión. Opino que no hay nada que sea sobrenatural. La Naturaleza es mi religión y con ella tengo bastante... lo que quiero decir es: Que necesitamos compartir unos puntos de vista mucho más amplios sobre el lugar del hombre en el Universo.»*

El libro más vendido en las comunidades de estudiantes, desde Cambridge, Massachusetts, hasta Berkeley, California, en los últimos años se tituló *Catálogo de toda la Tierra*, que se consideró como vía de acceso a los instrumentos para la creación de alternativas culturales. Lo que era sorprendente fue el número de trabajos publicados en el *Catálogo* que se relacionaban con perspectivas cósmicas científicas. Iban desde el *Atlas de Galaxias*, de Hubble, hasta banderas y posters de fotografías de la Tierra en su fase primitiva. El título de *Catálogo de toda la Tierra* se deriva del ansia de su fundador de ver una fotografía de nuestro planeta como conjunto. La edición de 1970 aumentó esta perspectiva mostrando una fotografía de toda la Vía Láctea.

Asimismo, hay una tendencia semejante tanto en el arte como en la música «rock»: *Cosmo's Factory*, por *Creedence Clearwater Revival*; *Starship*, por la *Jefferson Airplane*; *Mr. Spaceman* y *CTA 102*, por los *Byrds*; *Mr. Rocket Man*, de Elton John, y muchos otros.

Tal interés no queda limitado a los jóvenes. Existe en los Estados Unidos una tradición que apoya la afición pública a la astronomía. Las comunidades locales incluso han construido a su costa buenos observatorios cuyo personal también está pagado por los bolsillos de los ciudadanos, siempre sobre una base totalmente voluntaria. Varios millones de personas visitan planetariums cada año tanto en América como en Gran Bretaña.

El actual resurgimiento del interés por la ecología del planeta Tierra también está íntimamente relacionado con este anhelo de perspectiva cósmica. En un principio muchos de los dirigentes del movimiento ecológico en los Estados Unidos se sintieron estimulados a actuar a causa de las fotografías de la Tierra tomadas desde el espacio, exquisitamente sensible a las depredaciones del hombre, una pradera en medio del cielo.

Como los resultados de la exploración espacial y sus nuevas perspectivas sobre la Tierra y sus habitantes calan profundamente en nuestra sociedad, deben, creo yo, tener consecuencias en la literatura y poesía, en las artes visuales y en la música. El distinguido físico americano Richard Feynman escribe:

*«No se hace ningún daño al misterio por saber un poco sobre él. Pues muchísimo más maravillosa es la verdad que todo cuanto hayan podido imaginar los artistas del pasado. ¿Por qué los poetas actuales no hablan de ese misterio para nada? Los que son poetas, ¿podrían hablar de Júpiter si fuese un hombre, pero como es una inmensa esfera giratoria de metano y amoníaco deben guardar silencio?» \**

\* \_ Richard Feynman: *Introduction to Physics*, Vol. I, Addison Wesley.

Pero la simple exploración general todavía no provoca un decidido interés público por el espacio. Para muchos, las rocas que se han traído de la Luna constituyeron una enorme decepción. Se consideraron como simples rocas. El papel que hayan podido representar en la cronología de los días de creación del sistema Tierra-Luna aún no se ha explicado adecuadamente al público.

Donde el interés del público por el espacio parece mostrarse con mayor intensidad es en los terrenos de la cosmología y búsqueda de vida extraterrestre, tópicos que hacen sonar cuerdas importantes en una significativa fracción de la Humanidad. El hecho de que se dedique mucho más espacio en los periódicos a la muy fortuita hipótesis de la exobiología que a muchos de los más importantes resultados en otros campos, es, sin duda alguna, clara revelación del lugar adonde apunta el interés público. El descubrimiento de líneas de microondas interestelares de formaldehído y cianuro de hidrógeno ha sido descrito ampliamente en la Prensa como algo relacionado, a través de una larga serie de concatenaciones, con temas biológicos.

Aunque es verdad que el hombre de la calle, o la persona profana en tales materias, piensa en términos de diferentes variantes de seres humanos cuando se le pregunta que imagine la vida extraterrestre, también es verdad que el interés, incluso por los microbios marcianos, es mucho mayor que en otras áreas de la exploración espacial. La búsqueda de vida extraterrestre podría ser la clave del apoyo público a los experimentos espaciales, experimentos orientados tanto hacia el Sistema Solar como a mucho más allá de él.

Hay muchos posibles puntos de vista sobre los costos actuales y de un futuro próximo en cuanto se refiere a la astronomía y ciencia espacial. Como los costes anuales de la astronomía constituyen sólo un pequeño tanto por ciento de los presupuestos de todo el programa científico espacial, me limitaré a este último. Se acostumbra a comparar los gastos anuales de los Estados Unidos en el programa espacial con lo que emplea la nación en alcohol etílico, chicle o cosmética. Personalmente considero más útil comparar dichos costes con los del Departamento

de Defensa de los Estados Unidos. Recurriendo a un informe de la General Accounting Office del Gobierno (*Times* de New York, 19 de julio de 1970), sabemos que el coste calculado de antemano para que la misión «*Viking*» acabe felizmente en Marte, en 1976, asciende aproximadamente a la mitad del coste del llamado sistema de proyectiles antibalísticos *Safeguard* para el año fiscal de 1970. El coste de una exploración *Grand Tour* de todos los planetas del Sistema Solar exterior (cancelada por falta de fondos) es comparable al presupuesto de 1970 para el sistema *Minuteman III*; el coste de un enorme telescopio óptico en el espacio capaz de realizar estudios definitivos sobre los orígenes del Universo, se puede comparar al del *Minuteman II* para 1970; y un programa general sobre satélites que investiguen los recursos de la Tierra, programa que implicaría varios años de detallada inspección de la superficie y tiempo atmosférico de nuestro planeta, costaría aproximadamente lo mismo que el vehículo espacial P-3C para 1970. Un programa de una década de duración dedicado a la investigación sistemática de todo el Sistema Solar costaría tanto como los errores contables cometidos en un solo sistema de «*defensa*» y en un solo año. El programa espacial científico es cambio chico en comparación con los errores cometidos en el presupuesto del Departamento de Defensa.

Otro punto de vista que es preciso considerar es la exploración espacial como entretenimiento. Un *Viking* podría ser financiado totalmente mediante la venta a cada americano de un solo ejemplar de una revista que contuviera fotografías tomadas en la superficie de Marte por el *Viking*. Las fotografías de la Tierra, la Luna, los planetas y galaxias en espiral e irregulares, son formas características del arte de nuestra época. Fotografías tan impresionantes como las del *Lunar Orbiter* del interior del cráter Copérnico y las enviadas por el *Mariner 9* de los volcanes marcianos, tormentas de viento, lunas y casquetes polares de hielo, inspiran a la vez asombro y sentido artístico. Cualquier vehículo mecánico, no manejado por el hombre, y enviado a Marte, podría ser financiado mediante un sistema de suscripción televisiva. Por otra parte, ¿quién duda de que un disco grabado con los, al parecer, extraños ruidos que se oyen en Marte no se vendería a escala mundial?

No deseo discutir aquí de si han de enviarse o no hombres al espacio para que realicen exploraciones planetarias, pero es posible que haya muy buenas razones no científicas para mandar seres humanos al espacio. Quizás haya casos intermedios entre exploraciones llevadas a cabo por el hombre y otras en las que falte el hombre, cosa que muy bien podríamos ver en las próximas décadas. Por ejemplo, es posible que se llegue a enviar ingenios a otro planeta tripulados por robots, pero controlados por un ser humano en órbita. También es probable que aquellos planetas con medios ambientes hostiles donde exista un gran peligro de contaminación por microorganismos terrestres sean explorados por hombres metidos en grandes máquinas, máquinas especiales que amplíen la percepción sensorial y las capacidades musculares del operador humano.

Aparte de todos estos hipotéticos inventos, es evidente que el perfeccionamiento de dispositivos para llevar a cabo una exploración planetaria sin presencia humana precisará de la misma tecnología idónea a la fabricación de útiles robots en la Tierra. Un vehículo espacial que aterrice en Marte para el año 1980, probablemente será capaz de «*sentir*» su medio ambiente mucho mejor que lo puedan hacer los seres humanos; examinar cuidadosamente el paisaje, llevar a la práctica decisiones

programadas, basadas en información adquirida *in situ*, etcétera. No cabe duda de que semejante robot y sus primos más cercanos, que se producirían en masa, serían sumamente útiles aquí, en la Tierra. Estoy pensando en este momento en aquellas operaciones que en la actualidad son de imposible realización, como, por ejemplo, la exploración y operaciones sobre los fondos submarinos abisales, pero también pienso en robots industriales que desempeñen tareas poco interesantes o monótonas en las empresas, así como robots domésticos que liberen al ama de casa de una vida de penoso trabajo.

La experiencia de la exploración espacial no nos proporciona una única filosofía, en cierta medida, cada grupo tiende a ver sus propios puntos de vista filosóficos hechos realidad y no siempre mediante una auténtica lógica: Nikita Krushev manifestó con mucho énfasis que durante el vuelo espacial de Yuri Gagarin no se habían descubierto ángeles u otros seres sobrenaturales; y en casi perfecta contrapartida, los astronautas del Apolo 8 leyeron en la órbita lunar la cosmogonía babilónica guardada como reliquia en el capítulo del Génesis, como si intentaran asegurar a su público americano que la exploración de la Luna no se halla en contradicción con ninguna creencia religiosa. Pero es sorprendente cómo la exploración espacial conduce directamente a temas y problemas filosóficos y religiosos.

Creo que el control militar de los vuelos espaciales con presencia humana, que ya se practica en la Unión Soviética –y es tema de debate en los Estados Unidos– es un paso que deben apoyar todos los que se titulan defensores de la paz. Me temo mucho que las organizaciones militares de los Estados Unidos y de la Unión Soviética son organizaciones con formidables intereses creados en cuanto se refiere a la guerra. Están minuciosamente formadas e instruidas para la guerra; en tiempos de guerra se producen rápidos ascensos, aumentos en las pagas y oportunidades de demostrar un valor que en tiempos de paz no se dan. Es lógico que mientras existan gentes ansiosas de guerrear siempre será mucho mayor la probabilidad de que estalle intencionadamente o accidentalmente un conflicto. En virtud de su formación y temperamento, los militares, muy a menudo, no se sienten interesados por otros tipos de empleo u otra clase de inquietudes. Muy pocos son los demás medios de vida que posean los medios de poder y fuerza del jefe militar. Si «estalla» la paz, los cuerpos militares, con sus servicios que ya no son necesarios, se sienten profundamente desconcertados, como si alguien les hubiese derrotado.

El Primer Ministro Krushev una vez intentó dar trabajo a un gran número de oficiales y jefes del Ejército Rojo destinándoles a dirigir centrales eléctricas y otros establecimientos similares. Esto no les agradó en absoluto, y al cabo de un año la mayoría de ellos habían vuelto a sus cuarteles. De hecho, las organizaciones militares de los Estados Unidos y de la Unión Soviética deben sus empleos a sí mismos, a lo que podríamos llamar autogestión y, en consecuencia, es lógico que formen una alianza natural contra el resto de nosotros.

Al mismo tiempo, existen enormes industrias y fuerzas laborales dedicadas a la electrónica, química y fabricación de misiles que igualmente están ligadas a formidables intereses creados para mantener esta situación de preparación para la guerra. Desechando algunos tópicos que muchas personas califican de razonables en cuanto se refiere a este estado de cosas, yo pregunto, ¿es que no hay alguna forma de que todo este enorme conjunto de intereses pudiera orientarse hacia



actividades más pacíficas? La exploración espacial necesita exactamente esta combinación de talentos y capacidades. Precisa gran base técnica en tales terrenos, como el de la electrónica, tecnología de computadores, maquinaria de precisión y estructuras aeroespaciales. Requiere algo muy parecido a la organización militar para mantener a un gran número de empresas geográficamente dispersas dirigidas hacia un objetivo común.

La historia de la exploración de la superficie de la Tierra ha sido principalmente una historia militar, en parte porque es una aplicación idónea de las tradiciones militares de organización y valor personal. Son las restantes tradiciones militares las que para nosotros representan hoy día un peligro. Probablemente, la exploración del Sistema Solar sea una alternativa y empleo honorable para los intereses creados entre los militares y la industria. Puedo imaginar la transición hacia una disposición en la que una importante y significativa proporción de militares de carrera, tanto de los Estados Unidos como de la Unión Soviética, pueda dedicarse a la exploración espacial. Al menos, y en parte, debido a sus considerables capacidades hay un buen número de militares empleados por la Administración Espacial y Aeronáutica Nacional en actividades con poco o ningún significado militar. Y, por supuesto, la gran mayoría de los astronautas y cosmonautas han sido jefes militares. Todo esto puede ser bueno; cuanto más se entretengan allá arriba, menos se ocuparán aquí abajo.

A pesar de los muchos comunicados de la NASA a la Prensa, gran parte del programa espacial y casi toda su ciencia y programa de aplicaciones carecen de perspectivas a largo plazo. Por supuesto, comparten con la sociedad americana una comunidad de intereses humanos, filosóficos y exploratorios, incluso con estamentos sociales que están en completo desacuerdo. El coste de la exploración espacial parece muy modesto si se compara con sus potenciales recompensas.

### 9. La exploración del espacio como empresa humana - 3. El interés histórico



Huellas humanas en la Luna. La fiesta ha terminado, y se han marchado los invitados. Las huellas dejadas por la tripulación del *Apolo 15* durarán un millón de años. A lo lejos se ve el Monte Hadley.

A la larga, el mayor significado de la exploración espacial es que alterará la historia de manera irreversible. Como ya hemos mencionado en el capítulo primero, el grupo con el cual el hombre se identifica se ha ido ampliando gradualmente durante la historia de la Humanidad. Hoy día, el volumen de la población mundial tiene al menos una identificación personal principalísima con superestados nacionales. Aunque el progreso no haya sido suave, y existen ocasionales reversiones, se tiende claramente hacia una identificación de grupo con la Humanidad como conjunto. Los astronautas y cosmonautas han hecho declaraciones, profundamente sentidas, sobre la belleza y serenidad de la Tierra contemplada desde el espacio. Para muchos de ellos, un vuelo por el espacio fue una experiencia religiosa que cambió totalmente sus vidas. En las fotografías que desde el espacio se han hecho de la Tierra, no se distinguen fronteras nacionales. Como Arthur C. Clarke dijo en algún lugar, es difícil imaginar, incluso para el más ferviente de los nacionalistas, el hecho de no revisar de nuevo sus puntos de vista al ver cómo la Tierra se va alejando poco a poco hasta convertirse en un diminuto punto de luz perdido entre millones de estrellas.

La exploración espacial nos obliga a rectificar muchas cosas sobre el significado de nuestro diminuto planeta perdido en un Universo enorme y desconocido. La búsqueda de vida en otros lugares seguramente provocará que la gente reflexione acerca de la singularidad del hombre: el sendero serpeante, inseguro, improbable y evolutivo que nos ha traído a donde estamos; y la improbabilidad de encontrar – incluso en un Universo poblado por otras inteligencias– a alguien con forma muy parecida a la nuestra. En esta perspectiva, las similitudes entre los hombres se destacarán de forma abrumadora contra nuestras diferencias.

Hay un geocentrismo práctico, en nuestra vida diaria. Todavía hablamos del Sol que sale y se pone, en lugar de hablar de una Tierra que gira. Todavía pensamos en un Universo organizado para nuestro beneficio y poblado tan sólo por nosotros. La exploración del espacio, en este sentido, nos hará ser un poco más humildes.

Harold Urey se ha referido, de manera perceptible, al programa espacial como una especie de construcción contemporánea de pirámides. Visto en el contexto del Egipto faraónico, la analogía parece ser particularmente idónea, ya que las pirámides fueron un intento de tratar los problemas de la cosmología y la inmortalidad. Desde una perspectiva histórica a largo plazo, esto es lo que precisamente será el programa espacial. Las huellas de pies dejadas por los astronautas en la Luna sobrevivirán un millón de años, y los diversos instrumentos y embalajes que allí quedaron pueden durar tanto como el Sol.

Por otra parte, las pirámides son monumentales y hoy día creemos que han sido inútiles esfuerzos para asegurar la supervivencia tras la muerte de un hombre, el faraón. Quizás haya una mejor analogía en los zigurats, las torres dotadas de terrazas de los sumerios y babilonios, los lugares donde los dioses bajaban a la Tierra y la población como conjunto intervenía en la vida diaria. No cabe duda de que hay un poco de pirámide en los grandes cohetes que se envían al espacio, pero creo que su significado esencial, probablemente, sea el de unos zigurats contemporáneos.

Una sociedad inmersa en una relativamente modesta, pacífica e intelectualmente significativa exploración de cuanto le rodea, posee, sin duda alguna, posibilidades de

alcanzar la grandeza. Es difícil demostrar esto que podríamos llamar eslabones causales, e, históricamente, no existe correlación alguna entre unos y otros. Pero resulta sorprendente el hecho de que las naciones y épocas caracterizadas por un gran florecimiento de la exploración, también están marcadas por un enorme desarrollo cultural. En parte, esto se debe al contacto con las cosas nuevas, con nuevas formas de vida y también con modernos caminos de pensamiento desconocidos para una cultura cerrada, con sus vastas energías introspectivas.

Hay ejemplos que pueden tomarse del bíblico Oriente Medio, de las Atenas de Pericles y de otras épocas, pero me siento más atraído, en este sentido, por la época de las exploraciones europeas y sus descubrimientos. Las lenguas vernáculas de Francia, Inglaterra y la Península Ibérica hallaron definitiva expresión literaria al mismo tiempo que se emprendían los primeros viajes trasatlánticos de descubrimientos. Rabelais y Montaigne, en Francia; Shakespeare, Milton y los traductores de la Biblia del rey Jaime en Inglaterra; Cervantes y Lope de Vega, en España; Camoens, en Portugal, todos datan de la misma época. A juzgar por los escritos de Francis Bacon, resulta evidente que el descubrimiento de nuevas partes del mundo tuvieron una profunda influencia sobre el pensamiento de aquellos tiempos. Este período contempló la invención de instrumentos tan fundamentales como el telescopio, el microscopio, el termómetro, el barómetro y el reloj de péndulo.

También fue en la época de Galileo (1564-1642), quien, aunque no residía en una de las nuevas naciones exploradoras, estaba muy vinculado a Holanda, cuando se inventó el telescopio que él mejoró. Muchas de las obras de expresión gráfica de esta época –por ejemplo, las de Hieronymus Bosch y El Greco– reflejan el espíritu de cambio que caló en la época. Fue la era de la institución de la física moderna por Isaac Newton. Descartes, Hobbes y Spinoza –genios básicos de la historia de la filosofía– florecieron asimismo en tales momentos. El tiempo en que se desarrollaron las actividades y escritos de Leonardo da Vinci, Gilbert, Galileo y Bacon, también corresponde al origen del método experimental en la ciencia.

Un caso histórico, muy interesante en este sentido, nos lo proporciona Holanda, país que ha contribuido de modo notable a la cultura occidental con su aportación de individuos realmente geniales. Si hubo un período de florecimiento cultural en Holanda, fue el comprendido en la segunda mitad del siglo XVII. Los puertos españoles se hallaban cerrados y resultaban inaccesibles a la república holandesa a causa de la guerra entre Francia y España. Obligada a encontrar sus propias fuentes comerciales, Holanda fundó la «*Dutch East*» y «*West India Companies*». Se dedicó entonces una buena parte de los recursos nacionales a la inversión en Ultramar, y la consecuencia fue que Holanda se convirtió, por una sola vez en su historia, en una potencia mundial. A causa de ello, hoy día se habla holandés en Indonesia y varios individuos de ascendencia holandesa alcanzaron la presidencia de los Estados Unidos. Mucho más importante es el hecho de que, durante el mismo período de tiempo, florecieran, en Holanda, Vermeer y Rembrandt, Spinoza y Van Leeuwenhoek. Era una sociedad estrechamente unida: Van Leeuwenhoek fue, de hecho, el albacea de los bienes de Vermeer. Holanda era la nación más liberal y menos autoritaria de Europa en aquella época.

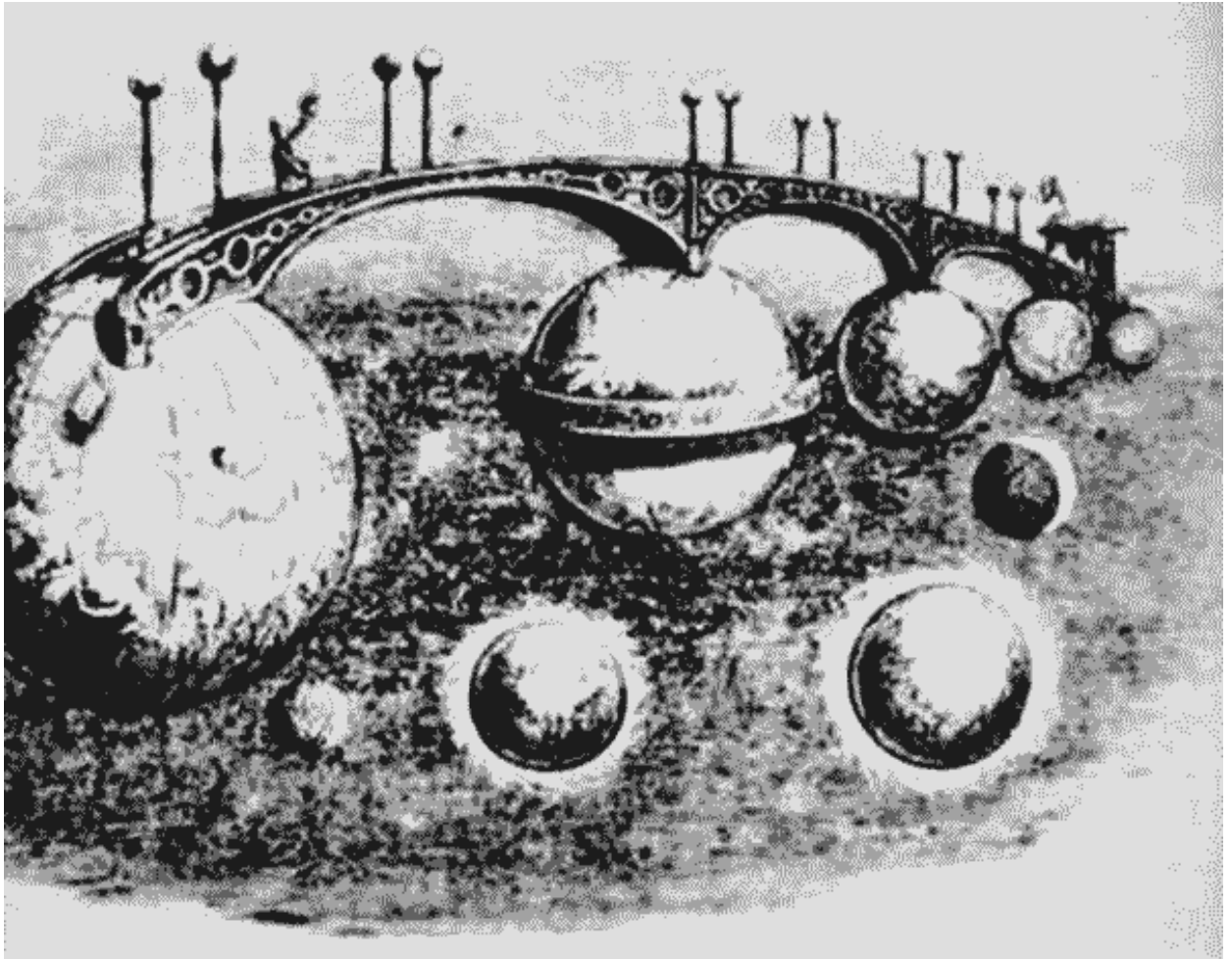
En toda la historia de la Humanidad, únicamente habrá una sola generación que sea la primera en explorar el Sistema Solar, una generación para la cual, en la infancia,

los planetas son discos claros y distantes que se mueven a través del cielo nocturno, y para la que, en la vejez, los planetas sean lugares, diversos nuevos mundos en el curso de la exploración aún no acabada.

Habrà un momento en nuestra futura historia en el que se explorará y habitará el Sistema Solar. Tanto para esa generación que antes he mencionado como para todos los que vengan detrás de nosotros, el momento actual será importantísimo en la historia de la Humanidad. No hubo muchas generaciones a las que se les haya concedido una oportunidad tan importante como ésta. La oportunidad es nuestra si no la dejamos perder. Aquí podríamos parafrasear a K. E. Tsiolkovski, fundador de la astronáutica:

*«La Tierra es la cuna de la Humanidad, pero no podemos vivir para siempre en la cuna.»*

Una criatura humana, desde muy pequeña, comienza a adquirir madurez mediante los descubrimientos experimentales de que él no es todo el Universo. Lo mismo puede decirse de sociedades dedicadas a la exploración de todo cuanto las rodea. La perspectiva que debe provocar la exploración espacial puede acelerar la madurez de la Humanidad, una madurez que no puede llegar demasiado pronto.



*Les mystères des Infinis* de Grandville, 1844.

## Segunda parte: El Sistema Solar

*Hubo una época –y muy reciente– en la que se consideró insensata la idea de la posibilidad de estudiar la composición de los cuerpos celestes, idea que también consideraban carente de sentido común incluso los pensadores y prominentes científicos. Ese tiempo, esa época, ya ha pasado. La idea de la posibilidad de estudiar el Universo, desde mucho más cerca, y más directamente, es algo que hoy día, creo yo, adquiere mayor primacía e importancia en las mentes de todos nuestros congéneres, e incluso en las de nuestros nuevos pensadores y prominentes científicos. Pisar el suelo de los asteroides, alzar con una mano una de las piedras de la Luna, moverse de acá para allá en estaciones situadas en el espacio y establecer círculos vivos alrededor de la Tierra, la Luna y el Sol, para observar a Marte desde una distancia de varias decenas de verstas, aterrizar en sus satélites e incluso en la superficie de Marte, ¡qué podría ser más fantástico! Sin embargo, sólo con el advenimiento de vehículos a reacción será posible iniciar una nueva era en la Astronomía, la época de un cuidadoso estudio del cielo... El motivo primordial de mi vida es hacer algo útil para la gente... Ésa es la razón de que me haya interesado por cosas que no dan pan ni fuerza. Aunque espero que mis estudios, quizá pronto o acaso en un futuro lejano, proporcionen a la sociedad montañas de grano y de poder ilimitado.*

**K. E. Tsiolkovski**

1912

## 10. Sobre la enseñanza de primer grado



Fotografía de la «*Tierra llena*», tomada desde un Apolo. Cortesía de la NASA.



Un amigo, alumno de primer grado, me pidió que hablara en su clase, cuyos miembros, según me aseguró, no sabían nada sobre astronomía, pero que ansiaban aprender. Con la aprobación del profesor, llegué a su escuela en Mill Valley, California, provisto de veinte o treinta diapositivas en color de objetos astronómicos: la Tierra vista desde el espacio, la Luna, los planetas, estrellas explosivas, nebulosas gaseosas, galaxias y demás, que creí podrían asombrar, intrigar y, probablemente, incluso, educar en cierta medida.

Pero antes de comenzar la proyección de diapositivas a todos aquellos rostros infantiles cuyos ojos brillaban ansiosamente, quise explicar que existe una gran diferencia entre establecer lo que la ciencia ha descubierto y el hecho de describir cómo los científicos lo averiguaron o descubrieron. Es fácil resumir las conclusiones. Es difícil relatar todos los errores, pistas falsas e ignoradas, dedicación, duro trabajo y penoso abandono de iniciales puntos de vista que forman parte del descubrimiento original de algo interesante.

Comencé diciendo:

*«Todos habéis oído decir que la Tierra es redonda. Todo el mundo cree que la Tierra es redonda. Pero, ¿por qué creemos que la Tierra es redonda? Alguno de vosotros, ¿puede pensar o imaginar alguna prueba de que la Tierra sea redonda?»*

Durante la mayor parte de la historia de la Humanidad, siempre se sostuvo de manera reverente que la Tierra es llana, como resulta perfectamente evidente para alguien que haya estado en pie sobre un campo de trigo de Nebraska durante la época de la siembra. El concepto de una Tierra llana todavía predomina en nuestro lenguaje en frases como *«los cuatro rincones de la Tierra»*. Creí que asombraría a mis pequeños alumnos eventuales y que luego les explicaría lo difícil que había resultado conseguir que todo el género humano entendiera la esfericidad de nuestro planeta. Sin embargo, había subestimado al primer grado de Mill Valley.

—Bien —preguntó un chico vestido con un *«mono»* de trabajo como el usado por los obreros del ferrocarril—, ¿qué hay de ese asunto de un barco que se aleja de uno y que la última cosa que de él se ve es el mástil, o como se llame eso que sostiene la vela? ¿No significa eso que el océano está curvado?

—¿Qué ocurre cuando hay un *eclipse* de Luna? Eso es cuando el Sol está detrás de nosotros y la sombra de la Tierra está sobre la Luna, ¿no es así? Bueno, yo vi un *eclipse*. Esa sombra era redonda y no recta. Así pues, la Tierra tiene que ser redonda.

—Hay mejores pruebas, pruebas mucho mejores —ofreció otro—. ¿Y ese individuo que navegó *alrededor* del Mundo? Se llamaba Majello, ¿no? Pues no se puede viajar *alrededor* del mundo si éste no es redondo, ¿no? Y la gente, hoy, navega *alrededor* del mundo y vuela *alrededor* del mundo todo el tiempo. ¿Cómo se puede volar *alrededor* del mundo si no es redondo?

—¡Eh, muchachos! —exclamó otro—. ¿No sabéis que hay fotografías de la Tierra? Los astronautas estuvieron en el espacio y tomaron fotos de la Tierra. Podéis mirarlas y veréis que todas son redondas. No tenéis por qué emplear todas esas razones. Podéis ver que la Tierra es redonda.

Y después, a modo de *coup de grâce*, una muchachita con delantal casero que recientemente había acudido a visitar el Museo de Ciencias de San Francisco en una excursión escolar, preguntó con tono de indiferencia:

—¿Y qué me decís del experimento del péndulo de Foucault?

Fue un muy serio y grave conferenciante el que siguió describiendo los hallazgos de la astronomía moderna. Estos niños no eran la prole de astrónomos profesionales, profesores de colegio, físicos, y demás. Evidentemente, eran niños normales de primer grado. Albergo la gran esperanza de que, si pueden sobrevivir a doce o veinte años de «educación» metódica, puedan darse prisa para crecer y comenzar a dirigir las cosas.

La astronomía no se enseña en las escuelas públicas, al menos en América. Con muy pocas excepciones, excepciones notables por supuesto, un estudiante puede pasar del primer grado al duodécimo sin haberse enfrentado para nada con los hallazgos o descubrimientos que nos dicen dónde estamos en el Universo, cómo llegamos aquí y a dónde iremos probablemente, y asimismo sin haberse enfrentado en absoluto con la perspectiva cósmica.

Los antiguos griegos consideraban la astronomía como uno de la media docena, o, así, de temas necesarios a la educación de los hombres libres. Encuentro que, en las charlas y discusiones que he sostenido con alumnos de primer grado, con comunidades *hippies*, con miembros del Congreso, y hasta con taxistas, existe una enorme reserva de interés y emoción por las cosas astronómicas. La mayor parte de los periódicos americanos publican cada día una columna dedicada a la astrología. ¿Cuántos periódicos o revistas hay que dediquen diariamente una columna a la astronomía o a la ciencia?

La astrología pretende describir una influencia que llene las vidas de las gentes. Pero es una farsa. Es la ciencia la que de verdad influye en las vidas de las personas, aunque en sentido directo ligeramente menor. La enorme popularidad de la ciencia-ficción y de películas como *2001: Una odisea espacial* son pruebas de este entusiasmo científico que está sin explotar. No cabe la menor duda de que tanto la ciencia como la tecnología gobiernan, controlan y moldean nuestras vidas, para bien y para mal. Deberíamos realizar un mayor esfuerzo por aprender algo sobre ellas.

## 11. Los legendarios dioses de la antigüedad



Britannia, la diosa en la cara principal del antiguo penique británico.

La clase de problemas científicos que me ocupan —el medio ambiente de otros planetas, el origen de la vida, la posibilidad de que haya vida en otros mundos— son de interés popular. Esto no es accidental. Creo que todos los seres humanos se sienten impresionados por estos problemas fundamentales, y opino que soy lo suficientemente afortunado como para vivir en una época en la que es posible llevar a cabo la investigación científica de estos problemas.

Un resultado de ese interés popular es que recibo gran cantidad de correo, cartas de todas clases, algunas muy agradables, como las de gente que escribió poemas y sonetos sobre la placa del *Pioneer 10*; algunas son de escolares que desean que les solucione sus deberes de la semana, otras de personas extrañas que me piden dinero prestado; algunas de individuos que desean que compruebe y examine al detalle sus planos sobre inventos que van desde armas que lanzan rayos especiales, naves espaciales, hasta máquinas de movimiento continuo. También hay cartas de personas que abogan por diversas disciplinas misteriosas, como la astrología, relatos de contactos con seres extraterrestres, ficción especulativa de Von Daniken, brujería, quiromancia, frenología, naipes de Tarot, el I-Ching, meditación trascendental, y experiencias psicodélicas. También, de vez en cuando, aparecen historias más tristes, como la de una mujer que recibió un mensaje verbal de los habitantes de Venus a través de la regadera de su ducha, o la de un hombre que intentó denunciar a la Comisión de Energía Atómica por seguir cada uno de sus movimientos con «rayos atómicos». Hay cierto número de personas que escriben diciendo que pueden recoger señales inteligentes extraterrestres de radio a través de los empastes de sus muelas, o sólo concentrándose en debida forma.

Pero al cabo de varios años hay una carta que siempre recuerdo como la más mordaz y encantadora de esta clase. Llegó por correo ordinario. Se trata de una carta de ochenta y cinco folios escritos a mano con bolígrafo verde, procedente de un caballero internado en un hospital psiquiátrico de Ottawa. Había leído un artículo en un periódico local en el que yo decía que creía posible existiese vida en otros planetas; el autor de la carta deseaba asegurarme que yo tenía toda la razón del mundo, dada su experiencia y conocimientos personales.

Para ayudarme a entender y penetrar en la fuente de sus conocimientos, pensé que me agradaría conocer algo de su historia personal, lo cual explica la enorme extensión de las ochenta y cinco páginas de la misiva. Cuando era todavía un hombre joven en Ottawa, próximo ya a estallar la Segunda Guerra Mundial, vio un cartel de reclutamiento militar de las Fuerzas Armadas norteamericanas: el clásico, el que se hizo tan famoso, el que mostraba a un sujeto señalando con un dedo al vientre de uno diciendo:

*«El Tío Sam te necesita.»*

El hombre se sintió tan impresionado por el atractivo rostro del Tío Sam, que inmediatamente decidió conocerle. El hombre tomó un autobús para California, lugar que, en su opinión, debía ser el punto de residencia más plausible para el Tío Sam. Una vez en el centro de reclutamiento, preguntó dónde podría hallar al Tío Sam. Tras alguna confusión sobre apellidos, el hombre fue recibido con miradas muy poco agradables. Al cabo de varios días de entusiástica búsqueda, nadie, en California, pudo explicarle el paradero del Tío Sam.

Regresó a Ottawa profundamente deprimido tras haber fracasado en su empresa. Pero casi inmediatamente, como si se tratara de la cegadora luz de un flash, percibió la labor de su vida. Se trataba de hallar «*los legendarios dioses de la Antigüedad*», frase que aparece repetida muchas veces en la carta. El hombre tenía la interesante idea de que los dioses solamente sobreviven mientras disponen de adoradores. Entonces, ¿qué ocurre con los dioses en los que nadie cree, como, por ejemplo, los dioses de la antigua Grecia o Roma? Bien, concluía el hombre, quedan reducidos al

estado de seres humanos corrientes, sin disfrutar para nada de los gajes y poderes de la divinidad. Tienen que trabajar para vivir, como todo el mundo. Por otra parte, el hombre creía que tales dioses debían mostrarse un tanto reservados acerca de sus desgraciadas circunstancias, pero que, a veces, se quejaban de tener que realizar labores serviles cuando en otro tiempo cenaban en el Olimpo. Razonaba que tales deidades retiradas debían ser internadas en establecimientos para dementes. Por tanto, el método más razonable de localizar a estos dioses sin tónicas era encarcelarse a sí mismo en la institución psiquiátrica de la localidad, cosa que no tardó en hacer.

Aunque podamos no estar muy de acuerdo con algunos puntos de su razonamiento, probablemente sí lo estaremos en que finalmente hizo lo mejor que podía hacer.

Mi informante decidió entonces que buscar a todos los legendarios dioses de la Antigüedad sería tarea realmente agotadora. Y así se fijó tan sólo en unos pocos: Júpiter, Mercurio, y en la diosa que aparece en el anverso del antiguo penique británico: probablemente la elección no fue muy idónea entre los dioses más interesantes, pero seguro que el trío era muy representativo. Ante su asombro (y ante el mío) encontró internados, en el mismo sanatorio en que él lo había hecho, a Júpiter, Mercurio y a la diosa del penique británico. Estos dioses admitieron inmediatamente su identidad y le contaron historias sobre los viejos tiempos en los que fluía libremente el néctar y la ambrosía.

Y, acto seguido, mi corresponsal alcanzó un éxito que sobrepasaba a todas sus esperanzas iniciales. Un día, junto a una fuente de cerezas, encontró a «*Dios Todopoderoso*» o, al menos, a alguien que se le parecía mucho, ya que lo cierto fue que el personaje que le ofreció las cerezas en aquel momento reconoció, modestamente, ser Dios Todopoderoso. Pues bien, el Dios Todopoderoso, por fortuna, tenía una pequeña nave espacial en los terrenos del sanatorio y se ofreció para llevar a mi informante a dar un paseo por el Sistema Solar, cosa que llevó a cabo en un abrir y cerrar de ojos.

*«Y así, doctor Sagan, es como puedo asegurarle que los planetas están habitados.»*

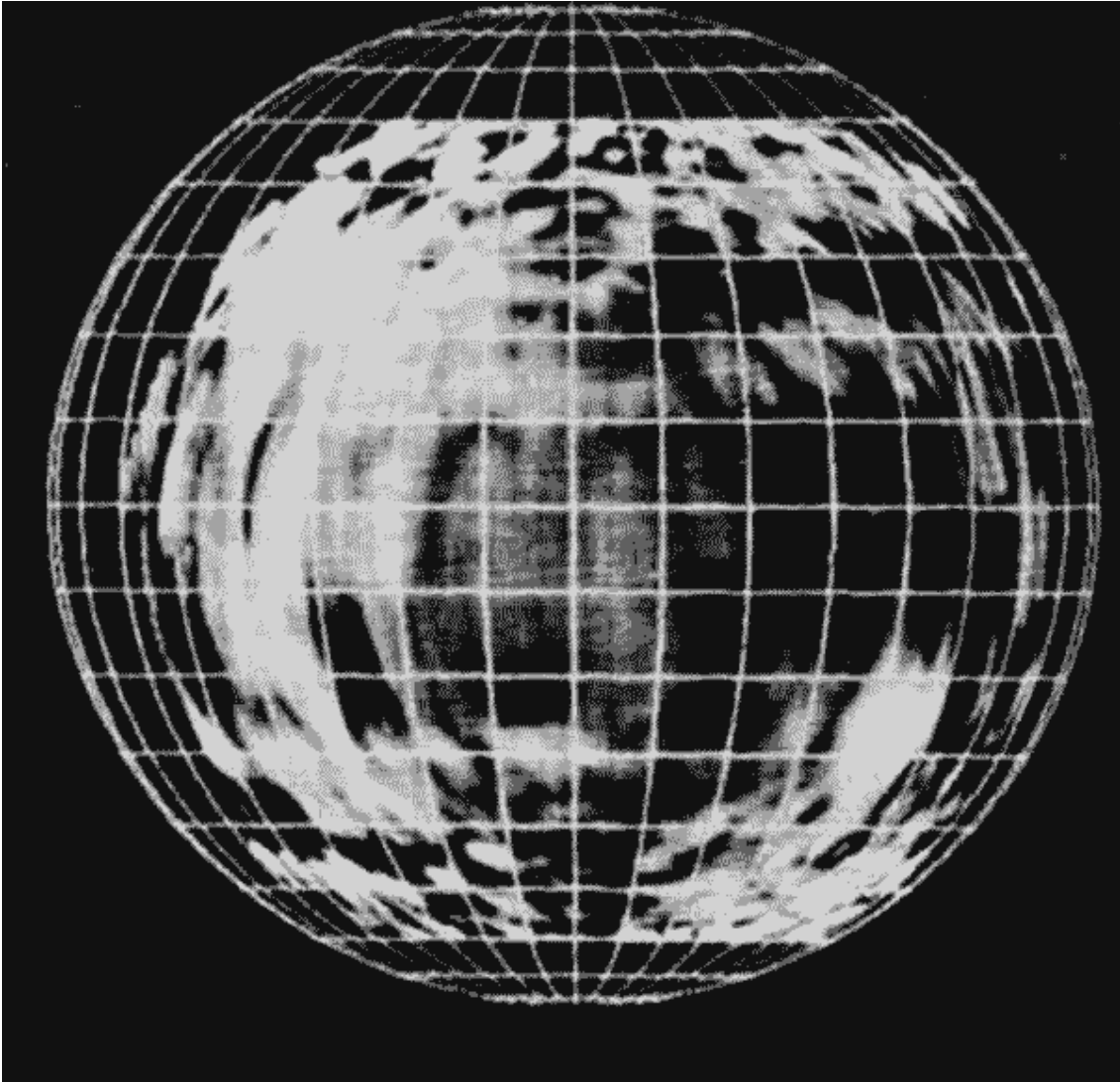
La carta terminaba más o menos así:

*«Pero todo este asunto acerca de la vida en otros lugares se presta a mucha especulación y no vale la pena de que un científico como usted le preste un serio interés. ¿Por qué no orienta sus esfuerzos a solucionar un problema realmente importante como la construcción de un ferrocarril transcanadiense en latitudes muy al Norte?»*

Y a continuación aparecía un detallado plano sobre la ruta que debía seguir tal ferrocarril, más la expresión de sus buenos deseos hacia mi persona.

Por supuesto, aparte de no pensar en trabajar sobre un ferrocarril transcanadiense en rutas de semejante latitud, la verdad es que nunca pude pensar en dar una respuesta adecuada a esta carta.

## 12. La historia detectivesca de Venus



**Mapa de radar de la superficie de Venus, invisible para el ojo humano a causa de la densa atmósfera y de la cubierta de nubes del planeta. Cortesía del Arecibo Observatory, Cornell University.**

Una de las razones por las cuales en nuestros días la astronomía planetaria se ha convertido en una auténtica delicia, es que resulta posible averiguar lo que es realmente correcto o exacto. En otras épocas, uno podía intuir o pronosticar a su gusto sobre un medio ambiente planetario, por muy improbables que fuesen tales cálculos, con la seguridad de que nadie iba a demostrar que se estaba equivocado. Hoy día, las naves espaciales u otros ingenios similares, cuelgan como espadas de Damocles sobre cada hipótesis emitida por los teóricos planetarios, y se puede

observar a los teóricos en curiosa amalgama de esperanzas y temores cada vez que nos llega a la Tierra nueva información proporcionada por los ingenios espaciales.

Antiguamente, cuando los astrónomos disponían de telescopios, ojos, y muy poco más para prestar ayuda a sus observaciones, Venus era un mundo hermano. A fines del siglo XIX se supo que Venus tenía aproximadamente la misma masa y radio que la Tierra. Venus es el planeta más cercano a la Tierra, y era natural que se pensara en él como algo muy parecido o igual a la Tierra, al menos en ciertos aspectos.

Immanuel Kant imaginó en Venus a una raza de seres tiernos y apasionados, casi humanos. Emmanuel Swedenborg y Annie Besant, una fundadora de la teosofía, encontraron –por métodos descritos como viajes espirituales y proyección astral– criaturas muy parecidas a los seres humanos situándolas en Venus. En años más recientes, algunos de los relatos más audaces relacionados con los platillos volantes –por ejemplo, los de George Adamski– poblaron Venus con una raza de seres poderosos y benignos, muchos de los cuales aparecen con largos cabellos y también con largos vestidos blancos, claro simbolismo, en la América previa a 1963, de una intención profundamente espiritual. Hay una larga historia de ávidos caminos de pensamiento, especulación meditativa y fraude consciente o inconsciente, que produjo expectación popular sobre el hecho de que nuestro más cercano vecino planetario esté habitado por seres humanos, más bien parecidos a nosotros, o que sea un lugar habitable para los terrícolas.

Por tanto, se produjo considerable sorpresa y yo diría que incluso molestia, cuando finalmente se recibieron las primeras observaciones de radio sobre Venus. Estas mediciones llevadas a cabo por C. H. Mayer y sus colegas, en 1956, en el Laboratorio de Investigación Naval de los Estados Unidos, descubrieron que Venus era una fuente de emisión de radio mucho más intensa de lo que se había supuesto. A juzgar por la distancia que hay desde Venus al Sol y la cantidad de luz solar que devuelve al espacio, el planeta debía ser frío o fresco. Como Venus devuelve en su reflejo tanta luz al espacio, su temperatura debía ser incluso inferior a la de la Tierra, a pesar de su proximidad al Sol. El grupo de Mayer halló que Venus, en una longitud de onda de radio de 3 cm, proporcionaba tanta radiación como si fuera un cuerpo caliente a una temperatura de unos 315 °C. Posteriores observaciones realizadas con numerosos radiotelescopios a muchas y diferentes frecuencias de radio confirmaron la conclusión general de que Venus poseía una «*temperatura brillante*» de entre los 315 °C y los 425 °C aproximadamente.

Sin embargo, hubo una gran renuencia en la comunidad científica a creer que la emisión de radio procedía de la superficie de Venus. Un objeto caliente emite radiación en muchas longitudes de onda. ¿Por qué Venus sólo parecía caliente en longitudes de onda de radio? ¿Cómo podía mantenerse tan caliente la superficie de Venus? Y, finalmente –puesto que los factores psicológicos pueden ser dominantes, consciente o inconscientemente, incluso en la ciencia–, un planeta Venus caliente, mucho más caliente que un horno casero, era perspectiva menos agradable que el Venus poblado por seres graciosos con inclinaciones amorosas o espirituales, siguiendo la larga tradición desde Kant hasta Adamski.

Este problema del origen de la emisión de radio de Venus fue parte principal de mi tesis doctoral. Escribí unos veinte documentos científicos sobre el tema entre 1961 y 1968, cuando finalmente el problema se consideró solucionado. Miro hacia atrás y

contemplo con placer este período de tiempo. La historia de radio de Venus es muy similar a un relato detectivesco en cuyas páginas hay gran cantidad de posibles pistas. Algunas son vitales para la solución; otras son falsas y conducen a una dirección errónea. Algunas veces puede deducirse la verdadera respuesta teniendo en cuenta todos los hechos principales y recurriendo a un razonamiento plausible y lógico.

Había varias cosas que ya conocíamos acerca de Venus. Sabíamos cómo variaba con la radiofrecuencia la «*temperatura brillante*». Sabíamos cómo Venus reflejaba sobre la Tierra ondas de radio enviadas mediante grandes telescopios con radar. La primera prueba con éxito del hombre –el *Mariner 2* de los Estados Unidos– descubrió, en 1962, que Venus era más brillante en longitudes de onda de radio en su parte central que en sus bordes.

Había varias teorías en contra de tales observaciones. Podían agruparse en dos categorías generales: El modelo de superficie caliente, en el cual la emisión de radio procedía de la superficie sólida del planeta, y el modelo de superficie fría, en el cual dicha emisión provenía de cualquier otro lugar, desde una capa ionizada en la atmósfera venusina, de descargas eléctricas entre gotitas en las nubes de Venus, o de un hipotético gran cinturón de partículas cargadas eléctricamente que se movía con suma rapidez alrededor de Venus (como las que, de hecho, rodean a la Tierra y a Júpiter). Estas últimas hipótesis permitían que la superficie se mantuviera fría, situando la intensa emisión de radio sobre la superficie. Si deseábamos la presencia de buques en Venus, entonces nos convertíamos en defensores del modelo de superficie fría.

Si comparamos sistemáticamente los modelos de superficie fría con las observaciones hechas, hallamos que todos tropezaban con graves dificultades. El modelo o hipótesis en el cual la emisión de radio procedía de la ionosfera, por ejemplo, pronosticaba que Venus no debía reflejar, en absoluto, ondas de radio. Pero los telescopios-radar habían descubierto ondas de radio reflejadas desde Venus con una eficiencia del 10 ó 20 %. Para obviar tales dificultades, los que abogaban por el modelo ionosférico construyeron hipótesis muy sofisticadas en las que existían muchas capas ionizadas con orificios especiales en ellas para permitir el paso del radar a través de la ionosfera, tocar la superficie de Venus y regresar a la Tierra. Al mismo tiempo, no podían existir demasiados orificios, ya que de ser así la emisión de radio no sería tan intensa como se observaba. Estos modelos me parecieron excesivamente detallados y arbitrarios en sus circunstancias.

Poco antes de las notables observaciones de 1968 hechas por una nave espacial, acerca de Venus, entregué un documento a *Nature*, revista científica británica, en el cual resumía estas conclusiones y deducía que sólo el modelo o hipótesis de la superficie caliente era el que mejor se ajustaba a todas las pruebas. Antes de esto, ya había propuesto una teoría específica, en términos del efecto llamado «*invernadero*», para explicar cómo la superficie de Venus podía registrar tan elevadas temperaturas. Pero mis conclusiones en contra de los modelos de superficie fría, en 1968, no dependían de la validez de la explicación «*invernadero*»: sucedía que una superficie caliente explicaba los datos y una superficie fría no. A causa de mi interés por la exobiología, hubiese preferido un Venus habitable, pero los hechos me condujeron a otra parte. En un trabajo publicado en 1962, yo



concluía, por pruebas indirectas, que la temperatura promedio en la superficie en Venus era, aproximadamente, de 425 °C y la presión atmosférica promedio en la superficie era unas cincuenta veces mayor que en la superficie de la Tierra.

En 1968, una nave espacial americana, el *Mariner 5*, voló cerca de Venus, y una nave espacial soviética, el *Venera 4*, penetró en su atmósfera. En 1974, ya habían entrado en la atmósfera de Venus cinco cápsulas soviéticas con instrumentos. Las tres últimas descendieron sobre el planeta y enviaron datos de la superficie del planeta. Eran los primeros artificios de la Humanidad que se posaban en la superficie de otro planeta. El promedio de la temperatura de Venus era aproximadamente de 500° C; el promedio de presión en la superficie era de aproximadamente noventa atmósferas. Mis conclusiones iniciales eran bastante correctas, aun cuando un tanto conservadoras.

Es interesante, ahora que conocemos por mediciones directas las verdaderas condiciones de Venus, leer algunas de las críticas hechas al modelo de superficie caliente que se publicaron en la década de los sesenta. Un año después de haber recibido el título de doctor en Filosofía, hubo un famoso astrónomo planetario que me hizo una apuesta de diez contra uno, asegurando que la presión sobre la superficie de Venus no era diez veces superior a la de la Tierra. Gustosamente entregué mis diez dólares contra sus ciento, y he de confesar en honor suyo que me pagó los cien dólares, cuando tuvimos en la mano los resultados de las observaciones hechas en los aterrizajes soviéticos.

La teoría y los artificios espaciales obran recíprocamente en otras formas. Por ejemplo, el *Venera 4* radió su última temperatura, o, mejor dicho, su último punto de presión-temperatura a 230 °C y veinte atmósferas. Los científicos soviéticos concluyeron que éstas eran las condiciones de la superficie de Venus. Pero los datos de radio ya habían demostrado que la temperatura de la superficie tenía que ser mucho más elevada. Combinando el radar con los datos del *Mariner 5*, supimos que la superficie de Venus se hallaba mucho más abajo de donde los científicos soviéticos habían concluido que el *Venera 4* se había posado. Ahora parece demostrado que los diseñadores de la primera nave espacial *Venera*, creyendo que eran reales los modelos de superficie fría de los teóricos, construyeron una nave espacial relativamente frágil que quedó aplastada por el peso de la atmósfera de Venus muy por encima de la superficie, lo mismo que un submarino no construido para grandes profundidades resultaría aplastado en el fondo del océano.

En la reunión de la COSPAR \* , celebrada en Tokio en 1968, yo emití la opinión de que la nave espacial *Venera 4* había dejado de funcionar a unos 30 km de altura sobre la superficie. Mi colega el profesor A. D. Kuzmin, del Instituto Físico Lebedev de Moscú, alegó que la nave había aterrizado en la superficie. Cuando le rebatí que los datos del radar y la radio no situaban la superficie a la altura deducida para el aterrizaje del *Venera 4*, el doctor Kuzmin respondió que el *Venera 4* había tocado la cima de una alta montaña. Acto seguido, repliqué que los estudios de radar realizados en Venus mostraban montañas con una altura máxima de 2.000 m y que, en consecuencia, era improbable que el *Venera 4* hubiese aterrizado sobre una montaña de 30.000 m de altura en Venus, aunque pudiera existir semejante montaña. El profesor Kuzmin me contestó preguntándome qué opinaba sobre la probabilidad de que la primera bomba alemana lanzada sobre Leningrado, en la

Segunda Guerra Mundial, hubiese liquidado al único elefante que había en el parque zoológico de la ciudad. Admití que la posibilidad era muy pequeña, sin duda alguna. El profesor respondió triunfalmente con la información de que éste había sido, en realidad, el destino del elefante de Leningrado.

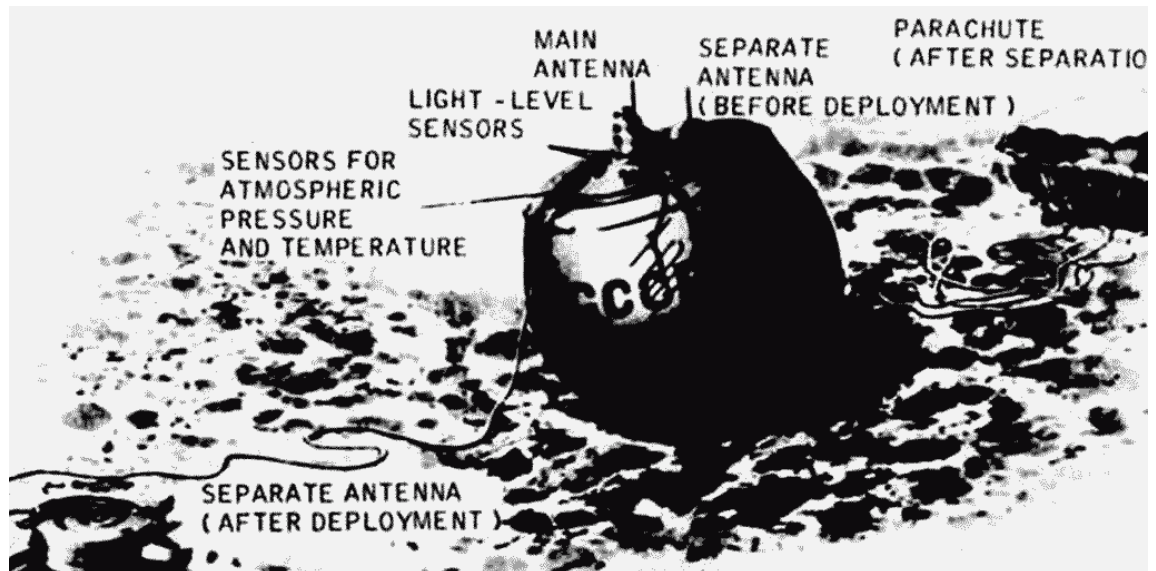
\* \_ Comisión de Investigación y Estudios Espaciales. N. del T..

Los diseñadores de las siguientes naves espaciales soviéticas, a pesar del caso del zoológico de Leningrado, tuvieron sumo cuidado en aumentar la fuerza material de las naves espaciales para sucesivas misiones. El *Venera 7* pudo soportar presiones ciento ochenta veces superiores a las que reinan en la superficie de la Tierra, margen adecuado para las reales condiciones de la superficie de Venus. Transmitió datos desde la superficie de Venus durante veinte minutos antes de quedar abrasada. El *Venera 8*, en 1972, transmitió durante cuarenta minutos. La presión de la superficie no es de veinte atmósferas y el espectacular monte Kuzmin no existe.

La principal conclusión acerca del método científico que saqué de esta historia es la siguiente: Aunque la teoría es útil en los proyectos o diseños de experimentos, sólo las experiencias directas convencerán a cualquiera. Basándose únicamente en mis conclusiones indirectas, hoy día habría mucha gente que no creería en un planeta Venus caliente. Como resultado de las observaciones del *Venera*, todo el mundo acepta las terribles presiones de Venus, calor fantástico, escasa iluminación y extraños efectos ópticos.

El hecho de que nuestro planeta hermano sea tan diferente a la Tierra es problema científico de primer orden, y los estudios de Venus son de sumo interés para comprender la más temprana historia de la Tierra. Por añadidura, ayuda a calibrar la seguridad de la proyección astral y viaje espiritual popularizados por Emmanuel Swedenborg, Annie Besant, e innumerables imitadores actuales, ninguno de los cuales captaron detalle alguno de la verdadera naturaleza de Venus.

### 13. Venus es el Infierno



Esquema del vehículo espacial *Venera 8*, que aterrizó sobre la superficie de Venus en 1972. De Tass.

El planeta Venus flota sereno y bello en el cielo de la Tierra como brillante punto de luz blancoamarillenta. Visto o fotografiado a través de un telescopio, se distingue un disco sin rasgos característicos; una capa de nubes enorme, enigmática y cerrada oculta la superficie a nuestra vista. Ningún ojo humano ha visto el suelo de nuestro más cercano vecino planetario.

Pero ahora sabemos muchas cosas sobre Venus. Por las observaciones de radiotelescopio y naves espaciales, sabemos que la temperatura de la superficie es de alrededor de 500° C. La presión atmosférica en la superficie de Venus es noventa veces superior a la que experimentamos en la Tierra. Como la gravedad del planeta es tan poderosa como la de la Tierra, hay noventa veces más moléculas en la atmósfera de Venus que en la de la Tierra. Esta densa atmósfera actúa como una especie de manta aislante, manteniendo la superficie caliente mediante el efecto de «*invernadero*» y suavizando diferencias de temperatura de un lugar a otro. Es probable que el polo de Venus no sea significativamente más frío que su ecuador, y en Venus hace tanto calor a mediodía como a medianoche.

A 80 km sobre la superficie se extiende la espesa capa de nubes que vemos desde la Tierra. Hasta fecha muy reciente nadie conocía la composición de estas nubes. Yo había sugerido que quizás estuvieran formadas, en parte, por agua, un material muy abundante cósmicamente, lo que podría abonar muchas, pero no todas, por supuesto, de las propiedades observadas en las nubes de Venus. Pero también se sugerían otros materiales, entre ellos cloruro de amonio, varios silicatos, soluciones de ácido clorhídrico, cloruro férrico hidratado, hidrocarburos, siendo sugerido este

último producto por Immanuel Velikovski, en su novela *Mundos en colisión*, para proporcionar maná a los israelitas en sus cuarenta años de vagar por el desierto. Los otros materiales que se insinuaron pisaban terreno más firme. Sin embargo, cada uno de ellos entraba en conflicto con una o más de las observaciones realizadas.

Pero, recientemente, se ha sugerido un material que parece ajustarse a la perfección a toda medición. El astrónomo americano Andrew T. Young ha demostrado que las nubes de Venus es probable que sean una solución concentrada de ácido sulfúrico. Una solución del 75 % de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se ajusta al índice de refracción de las nubes de Venus determinado por observaciones polarimétricas efectuadas desde la Tierra. Ninguno de los otros materiales se acerca a este cálculo. Tal solución es líquida a las temperaturas y presiones reinantes en las nubes de Venus. El ácido sulfúrico posee una característica de absorción determinada por el espectroscopio infrarrojo, en una longitud de onda de 11,2 micrones. De todos los materiales propuestos o sugeridos, tan sólo el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> posee tal característica de absorción. La serie soviética de los *Venera* encontró grandes cantidades de vapor de agua por debajo de las nubes visibles de Venus. Las observaciones que se han hecho en busca de agua mediante procedimientos espectroscópicos han hallado solamente una insignificante cantidad de vapor de agua en las nubes de Venus. Las dos observaciones estarán de acuerdo en el caso de que entre estas dos regiones haya un eficaz agente secador. El ácido sulfúrico es tal agente.

En la atmósfera de la Tierra hay gotitas de agua a gran altura y vapor de agua en las capas atmosféricas más inferiores. De la misma manera en Venus: Si hay gotitas de ácido sulfúrico en las nubes altas, debe haber más abajo ácido sulfúrico gaseoso, a una concentración relativamente elevada cerca de la superficie. Los astrónomos también han hallado pruebas inequívocas de la existencia de ácidos clorhídrico y fluorhídrico como gases en la atmósfera superior de Venus. También deben existir a elevada concentración, por ejemplo, en las proporciones relativas del *smog* en el aire de Los Angeles, en la atmósfera más baja de Venus. Estos tres ácidos constituyen una mezcla sumamente corrosiva. Cualquier nave espacial que haya de sobrevivir en la superficie de Venus no solamente debe estar protegida contra las altas presiones, sino también contra la atmósfera corrosiva.

En la actualidad, la Unión Soviética se halla inmersa en un programa muy activo de exploración de Venus, sin, por supuesto, presencia humana en tales exploraciones. Ahora sabemos que a mediodía hay suficiente luz en Venus para hacer fotografías. Llegará el día, quizá dentro de algunos años, no muchos, en que podamos tener las primeras fotografías de la superficie de Venus. ¿Cómo será esta superficie? Podemos hacer predicciones en cierta medida.

A causa de la atmósfera muy densa de Venus, se producen algunos efectos ópticos muy interesantes. El más importante de todos se debe a la dispersión Rayleigh, llamada así en honor del inglés Lord Rayleigh. Cuando la luz del Sol toca la atmósfera clara y limpia de polvo de la Tierra, dicha luz se dispersa. Los fotones chocan con las moléculas de la atmósfera terrestre y rebotan. Pueden darse muchos de tales rebotes. Pero como las moléculas de aire son mucho más pequeñas que la longitud de onda de la luz, resulta que las longitudes de onda corta se dispersan o rebotan mediante las moléculas de aire más eficazmente que las longitudes de onda largas. La luz azul se dispersa mucho mejor que la luz roja. Éste es un hecho que ya

conocía Leonardo da Vinci, quien pintaba los paisajes lejanos o de fondo con un primoroso azul cerúleo. Por eso hablamos de montañas azules, y por eso el cielo es azul. La luz del Sol se dispersa o extiende por toda nuestra atmósfera, parte de ella se dispersa hacia arriba y hacia afuera de nuevo, pero otras fracciones de luz solar se dispersan mediante las moléculas de nuestra atmósfera y entonces, siguiendo una dirección completamente distinta a la del Sol, vuelve a nuestros ojos. En ausencia de atmósfera, como en la Luna, el cielo es negro. Cuando miramos una puesta de Sol estamos viendo al Sol a través de un sendero más largo en la atmósfera de la Tierra que cuando lo contemplábamos a mediodía. La luz azul ha abandonado este sendero, dejando que la luz roja toque nuestros ojos. La belleza de las puestas de Sol, del cielo y de los distintos paisajes se debe a la dispersión Rayleigh.

¿Y qué hay de la dispersión Rayleigh en Venus? Como la atmósfera es mucho más densa, allí es mucho más importante la dispersión Rayleigh. Si pudiésemos suprimir las nubes de Venus, aún seríamos incapaces de ver su superficie desde arriba. En la atmósfera de Venus se dispersaría la luz de todos los colores tantas veces que no se podría distinguir ningún detalle de la superficie del planeta. Con longitudes de onda más largas a las que es sensible el ojo humano, se podría ver la superficie desde arriba, pero hay nubes. Las ondas de radio penetran en las nubes y atmósfera de Venus, y así se están confeccionando los primeros mapas de radar de Venus. Dentro de muy pocos años, el gran telescopio Arecibo, de la Cornell University, en Puerto Rico, comenzará a trazar el mapa de Venus, por radar, con mayor precisión que los mapas que se han hecho ópticamente de la Luna. Ya se tienen indicios de que en la superficie de este enigmático planeta hay cadenas montañosas y enormes cráteres.

En la superficie de Venus, la dispersión Rayleigh produce también otro importantísimo efecto. Así como no podemos ver la superficie en luz visible desde la parte superior de Venus, tampoco podemos ver el Sol, en luz visible, desde la superficie de Venus, aunque se abriese un enorme claro en las nubes. Por otra parte, si hubiese vida inteligente en Venus, la astronomía se desarrollaría muy lentamente, siendo así que surgiría primero la radioastronomía. La nave espacial *Venera 8* halló que la luz solar alcanza la superficie de Venus durante el día, pero queda tan atenuada por su paso entre las nubes y atmósfera que, incluso a mediodía, no es más brillante en Venus que en pleno crepúsculo de la Tierra. La luz solar sería así un brumoso y confuso retazo de luz de color rubí oscuro, cuya salida y puesta podrían determinarse muy vagamente.

Si pudiéramos hallarnos sobre la superficie de Venus vestidos con traje protector y los ojos cubiertos por gafas de Sol color violeta, no se vería nada en absoluto más allá de unos cuantos metros. La dispersión Rayleigh en luz azul es tan fuerte en Venus que la visibilidad en el color violeta es muy pequeña. Pero como la luz de larga longitud de onda se dispersa menos que la azul, en el final rojo del espectro visible –ojos cubiertos con gafas de Sol color rojo–, la visibilidad probablemente podría alcanzar los 200 ó 300 metros. En la superficie de Venus, todo debe estar bañado por una obscuridad de profundo color rojo.

Percibiríamos el color, pero tan sólo de aquellos objetos que estuviesen muy cerca de nosotros. Todo lo demás, todo cuanto nos rodeara, aparecería como un borrón rosado.

Así pues, Venus parece ser un lugar completamente diferente a la Tierra y, además, muy poco atractivo: temperaturas de verdadera parrilla, presiones aplastantes, gases corrosivos y malsanos, olores a azufre, y un paisaje inmerso en oscuridad rojiza.

Resulta curioso, pero hay un lugar asombrosamente parecido a éste en las leyendas, folklore y superstición de los hombres. Le llamamos Infierno. En la antigua creencia –por ejemplo, la de los griegos–, era el lugar a donde viajaban todas las almas humanas después de la muerte. En la época cristiana, se piensa en el Infierno como destino *post mortem* para una de las dos categorías de persuasión moral. Pero existen pocas dudas de que el punto de vista sobre el Infierno, en cuanto concierne al individuo medio –azufre, color rojo, llamas, etc.– se ajusta, en todo, a la superficie de Venus.

Aunque las moléculas biológicas terrestres rápidamente se harían pedazos en Venus, hay moléculas orgánicas –por ejemplo, algunas con una compleja estructura circular– que se mantendrían estables en las condiciones de Venus. Es difícil excluir la vida allí, pero ciertamente podemos decir que sería por completo diferente a la que para nosotros es familiar. Cualquier criatura que viva allí sin duda alguna ha de poseer piel muy correosa. A causa de las altas temperaturas atmosféricas, incluso sería normal que también dispusiera de pequeñas alas, cortas y rígidas, que llevasen al que las poseyera de un lado a otro en aleteo excepcionalmente enérgico y activo. Un diablo es un perfecto modelo –excepto en su aspecto de macho cabrío y humano– para un habitante de Venus. Milton e Isaías llamaron a Lucifer «*Hijo de la mañana*», de la estrella de la mañana. Durante miles de años, Venus y el Infierno se han identificado.

Por supuesto, que ésta no es más que una curiosa coincidencia y no creo que pueda ser algo más que eso. Aquí, el detalle principal es que en todas las leyendas uno se va al Infierno hacia abajo y no hacia arriba. El mundo clásico de Grecia y Roma y el antiguo Oriente Próximo estaba sazonado de volcanes en actividad. Estos terrenos volcánicos, como en las Islandia y Hawai contemporáneas, son lugares desolados, desnudos, aunque también paisajes de pavorosa belleza. De los cráteres volcánicos surgen gases sulfurosos; fuentes y ríos de lava tiñen los alrededores de rojo. Hace mucho calor. Uno se chamusca las cejas y pestañas si se acerca demasiado a una salida de lava. Y todo este calor, color rojo y malos olores vienen de abajo. No fue muy difícil para nuestros antepasados imaginar que los terrenos volcánicos eran aberturas que daban paso a un mundo en llamas completamente diferente, que se llamaba Infierno.

El interior de la Tierra y el exterior de Venus son parecidos, pero no idénticos. Los dos son lugares desagradables para los seres humanos, pero a la vez ambos poseen extremado interés científico, lugares que vale la pena visitar, ya que no lugares donde residir. Dante sabía mucho sobre esto.

## 14. Ciencia e «Inteligencia»



Variado grupo de agregados militares extranjeros agrupados para ver el lanzamiento del *Apollo 15*. Fotografía del autor.

Pasé los primeros dos años después de doctorarme en la Universidad de California, Berkeley, donde, entre otras cosas, me preocupó la búsqueda de vida en otros lugares y la esterilización de vehículos espaciales destinados a lugares como Marte, pues no deseábamos contaminar el medio ambiente marciano con microbios de la Tierra.

En un brillante día de primavera, recibí una llamada telefónica de un general de las Fuerzas Aéreas a quien había conocido y encontrado en varias reuniones de carácter científico. El general había trabajado principalmente en la medicina aplicada a la Aviación. Le llamaré aquí Bart Doppelganger. El general Doppelganger me informó que se encontraba en Los Angeles con tres científicos soviéticos, uno de los cuales estaba encargado del esfuerzo soviético de construir instrumentos para investigar la vida extraterrestre. Su nombre era Alexandr Alexandrovich Imshenetski (no hay razón alguna para cambiar su nombre; a diferencia de otros, en este relato, no tiene nada de que avergonzarse). Era la primera visita que hacía Imshenetski a los Estados Unidos. Sí, por supuesto que me interesaba conocerle. ¿Cuándo? La respuesta fue: «Inmediatamente.» Así que partí en automóvil hacia el aeropuerto de San Francisco, volé a Los Ángeles, donde tomé un taxi para dirigirme a una dirección que me había facilitado nuestro general Doppelganger.

Era el hogar de un fisiólogo muy conocido profesionalmente, un buen cerebro de la UCLA. En la sala de estar, a mi llegada, se encontraba el fisiólogo, otros expertos en medicina para la Aviación de la UCLA, el general Doppelganger, tres científicos soviéticos (dos expertos en medicina espacial y el académico Imshenetski) y un intérprete. Llamaré al intérprete Igor Rogovin; era un empleado americano de la Biblioteca del Congreso destinado a servir de intérprete para los tres rusos durante su visita a los Estados Unidos. La única cosa que me sorprendió como algo peculiar fue que el inglés de los tres rusos era realmente excelente. Entonces, ¿para qué necesitaban un intérprete?

Todo el mundo aparecía alegre, se cambiaron frases de suma cortesía y circularon bebidas (Igor también tomó parte en esto). No había conversación en la cual él estuviera ausente durante más de cinco minutos. Estaba muy atareado, como una abeja maníaca que obsesivamente revoloteara de flor en flor.

Al cabo de un rato, todos acordamos trasladarnos al aeropuerto internacional de Los Angeles, donde los rusos más tarde tomarían un avión. Pero, antes de emprender el viaje, cenaríamos juntos. Todos no cabíamos en un solo coche, por lo cual Rogovin no podía viajar en dos vehículos a la vez. Imshenetski, algunos otros y yo subimos a un coche, y Rogovin y los demás tomaron un segundo automóvil. Durante los veinte o treinta minutos que duró el viaje, Imshenetski y yo intercambiamos interesantes puntos de vista sobre métodos de detección de vida y esterilización de vehículos espaciales y su tecnología. Era el primero de los contactos que yo tenía con un científico soviético.

Llegamos al aeropuerto, donde registraron las maletas; luego los soviéticos se excusaron para ir al lavabo. Mientras les esperaba en el exterior, me encontré a solas con Igor Rogovin, quien inmediatamente me dijo, hablando por una de las comisuras de la boca y con el tono propio de un James Cagney o Humphrey Bogart:



–¿Qué hay muchacho? ¿Qué has averiguado?

Como no estaba muy al corriente de los métodos y costumbres mundanas, y sintiéndome muy complacido por la información que Imshenetski y yo habíamos intercambiado, rápidamente resumí lo que había aprendido.

–Muy bueno, muchacho. ¿Para quien trabajas?

–Para la Universidad de California, en Berkeley –repliqué en tono de suma satisfacción.

–No, no, muchacho; la tapadera no.

Poco a poco me fui dando cuenta de cuál era la ocupación de Igor Rogovin, ya que no de su identidad. Con creciente cólera, le expliqué que si era posible sostener una conversación con un científico soviético, tal conversación redundaría más en beneficio de la ciencia que en beneficio de los servicios americanos de Información Militar. Antes de que Rogovin pudiese decir algo, salieron del lavabo nuestros invitados soviéticos y todos nos fuimos a cenar.

Aunque me hallaba sentado junto a Imshenetski me sentí incapaz de hablar de nuevo con él acerca de cualquier tema que se pareciera a la ciencia. Todavía recuerdo que nuestros principales temas de conversación fueron las películas americanas y los poetas soviéticos. Tras haber bebido algunas copas, Alexandr Alexandrovich Imshenetski declaró que William Shakespeare era el poeta más leído en Rusia y que las películas americanas de vaqueros eran excesivamente violentas. Transcurrieron varias horas durante las cuajés sólo hablamos sobre estos dos temas.

Cuando los rusos partieron hacia su país, yo regresé a Berkeley.

A la mañana siguiente examiné las páginas de la guía telefónica de San Francisco y, bajo «Gobierno de los Estados Unidos», encontré una sección marcada «Central Intelligence Agency». Al marcar el número en cuestión, una voz de tono alegre dijo algo parecido a «Yukon 4-2143».

–¡Oiga! ¿Es la CÍA? –pregunté.

–¿En qué podemos servirle, señor?

–Quiero presentar una queja. Más bien hacer una reclamación.

–Un momento, señor; le pondré con el Departamento de Reclamaciones.

Esto ocurrió poco después del episodio de la Bahía de los Cochinos y supongo que la CÍA estaba recibiendo montañas de reclamaciones y quejas.

Cuando, por fin, logré que me pusieran con el Departamento de Reclamaciones, me lancé rápidamente a hacer un resumen de mi encuentro o, más bien, choque con el señor Rogovin, pero al cabo de unos segundos me silenciaron alegando que aquél no era tema adecuado para tratar por teléfono. La voz que me impuso silencio no llegaba a mis oídos por la misma línea. Seguramente la línea estaba intervenida. En

consecuencia, establecimos una cita para más tarde en aquel mismo día y en mi despacho.

Por supuesto, y a la hora prescrita, llegaron dos hombres jóvenes, muy bien vestidos, que me mostraron dos tarjetas de identificación con la firma de John McCone, quien recientemente había sido nombrado director de la CÍA. Tras expresar mi estado de ánimo, molesto sin duda alguna, mediante un detallado escrutinio de sus tarjetas de identificación, comencé a relatar mi historia. Vi que en sus rostros se reflejaba una creciente preocupación. Al final de mi relato, me explicaron que el comportamiento de Rogovin no podía ser de ninguna manera el que correspondía a un empleado de «la Agencia». Se mostraron muy preocupados por mi relato, particularmente a causa de la «mala prensa» que estaban sufriendo después de lo de la Bahía de los Cochinos. Harían todo lo posible por arreglar las cosas, si yo no molestaba a la Agencia dando más publicidad a la historia en cuestión. Acepté guardar silencio durante un tiempo, y los dos hombres abandonaron mi despacho.

Una semana más tarde me llamaron por teléfono:

–Doctor Sagan, soy el señor Smith, el que estuvo charlando con usted en su despacho la semana pasada. ¿Recuerda el asunto que entonces tratamos?

Sospeché que el teléfono también esta vez se hallaba intervenido.

–Hemos podido establecer que la parte en cuestión –¿sabe a quién me refiero?– no trabaja para nosotros; bien, para nuestra organización, con ese nombre. Desde luego, estamos buscando otros nombres y le iremos a ver tan pronto como podamos.

Les había costado una semana estudiar la nómina personal de la CÍA. O la nómina era muy larga o muy secreta.

Algunos días más tarde, y empleando un lenguaje igualmente velado, me llamaron y me dijeron –en un tono de voz que parecía reflejar suma preocupación– que Igor Rogovin no trabajaba para la CÍA con ningún otro nombre y que, en tales circunstancias, naturalmente sentían mucha curiosidad por saber para quién lo hacía.

Transcurrió otra semana. Entonces la CÍA deseó hablar conmigo de nuevo en mi despacho. Llegaron los dos caballeros que ya me habían visitado anteriormente y, una vez más, me enseñaron las dos tarjetas de identificación firmadas por John McCone. Me informaron que, tras fatigosas investigaciones, habían descubierto que Igor Rogovin era en realidad un agente del Servicio Secreto de las Fuerzas Aéreas. De nuevo me aseguraron que ningún representante de su Agencia se hubiese comportado de tal manera, y acto seguido, se fueron. Lo que sí quedaba claramente establecido era que a la CÍA le había costado dos semanas determinar la personalidad de un miembro de una organización paralela de un Departamento de Información de los Estados Unidos.

La historia tiene una continuación. Un año o dos más tarde, se reunía en Florencia, Italia, la organización internacional espacial COSPAR. Como espléndido regalo a tales reuniones, se abrió la Galería Uffizi una tarde, especialmente para que pudieran verla las delegaciones COSPAR de varias naciones. Tenía que darse la

casualidad de que yo estuviera con Alexandr Alexandrovich Imshenetski cuando entramos en una sala enorme aparentemente desierta, pero inundada de Botticelli. Y allí, en el otro extremo de la galería había una figura humana que se distinguía con cierta dificultad. Noté cómo Imshenetski se envaraba. Forzando un tanto los ojos, pude ver el rostro de Igor Rogovin, rostro disfrazado con poblada barba. Sin duda viajaba de incógnito. Imshenetski se inclinó hacia mí y musitó:

—¿No es ése el individuo que estuvo con nosotros en Los Ángeles?

Cuando asentí con un movimiento de cabeza, Imshenetski murmuró:

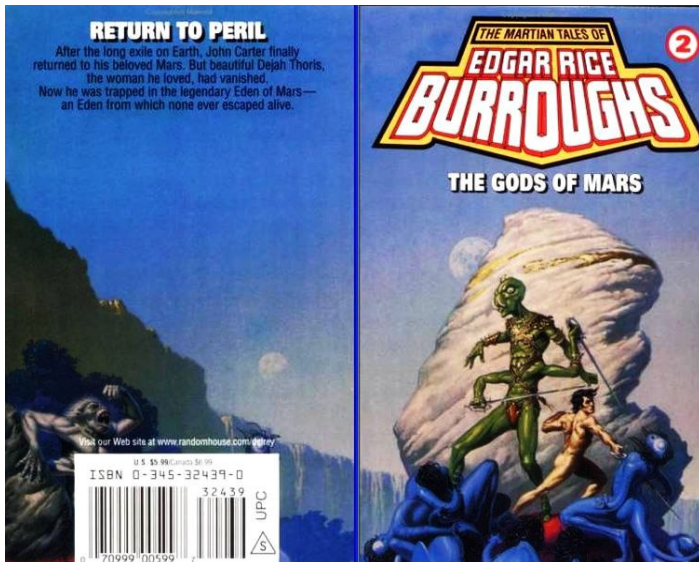
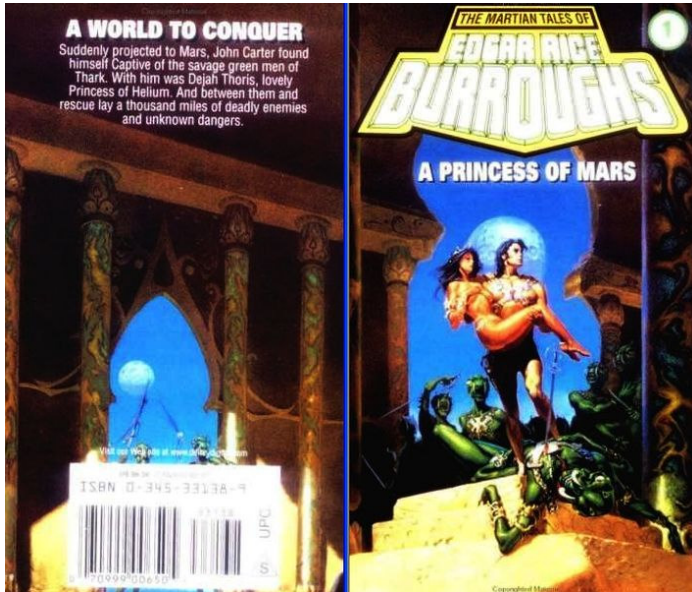
—¡Estúpido individuo!

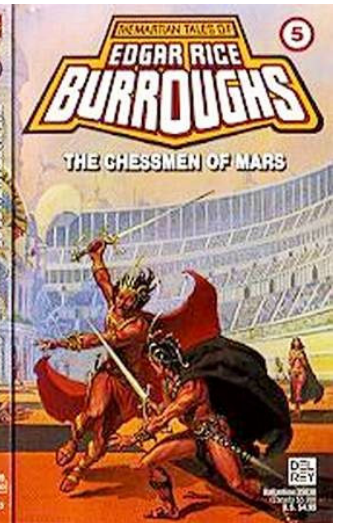
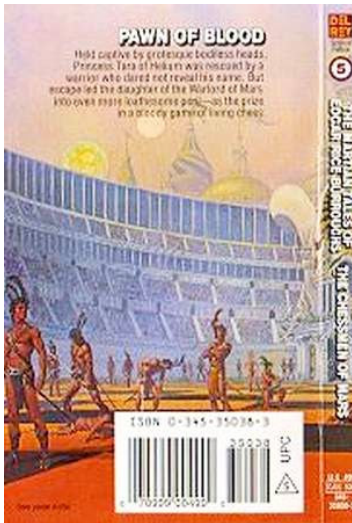
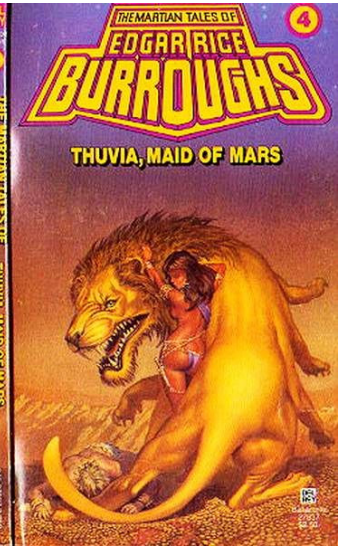
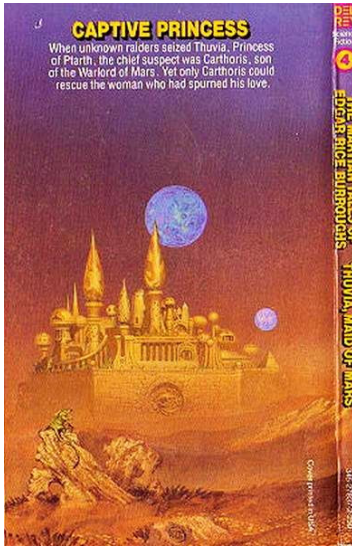
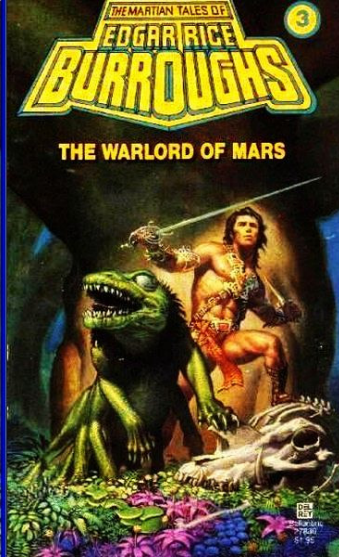
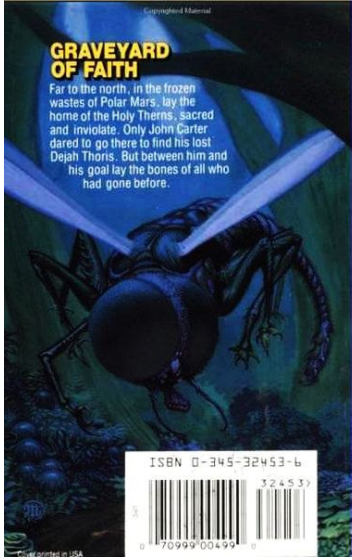
El hecho de que Rogovin trabajara para el Servicio de Información de las Fuerzas Aéreas, mirando ahora al pasado, no era nada sorprendente, puesto que el general Doppelganger me había invitado a Los Angeles. Pero si es muy sorprendente que las Fuerzas Aéreas se sintieran interesadas por los planes soviéticos en lo que se refería a la detección de vida en otros planetas y a la esterilización de naves espaciales. Y el hecho de que los Servicios de Información americanos intentaran emplear a inocentes y jóvenes científicos (yo tenía entonces veintisiete años y políticamente era aséptico) para llevar a cabo tales propósitos, es realmente sorprendente. Al menos, a mí me asombra.

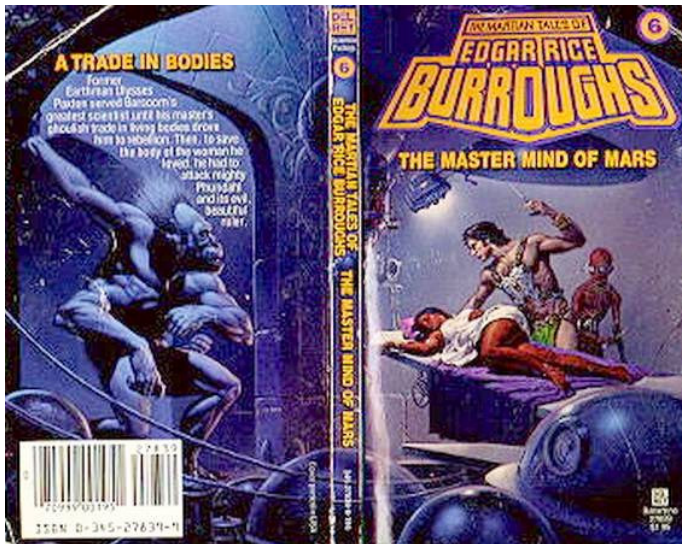
Hay otras muchas historias en las que están implicadas las organizaciones de espionaje soviéticas y americanas. El efecto general de tales incidentes es disminuir la verosimilitud del intercambio científico entre los expertos de diferentes países. Tales intercambios son sumamente necesarios en una época en la que existe el peligro de una hecatombe nuclear y en la cual los científicos tienen acceso a lugares muy cercanos a los políticos que están en el poder. El hecho de que tales actividades de espionaje se practiquen de forma enteramente regular e invariable por parte soviética no debilita, en mi opinión, este razonamiento. La intromisión del espionaje en los intercambios científicos internacionales de esta clase es, sea cual fuere su objetivo final, poco o nada inteligente.

## 15. Las lunas de Barsoom

Durante mi adolescencia tuve la suerte de tropezar con una serie de novelas ampulosamente escritas con títulos como: *Thuvia, maid of Mars*, *The chessman of Mars*, *The princess of Mars*, *The warlords of Mars*, y así sucesivamente. Ni que decir tiene, se trataba de novelas sobre Marte. Pero no acerca de nuestro Marte, el Marte revelado por el *Mariner 9*.

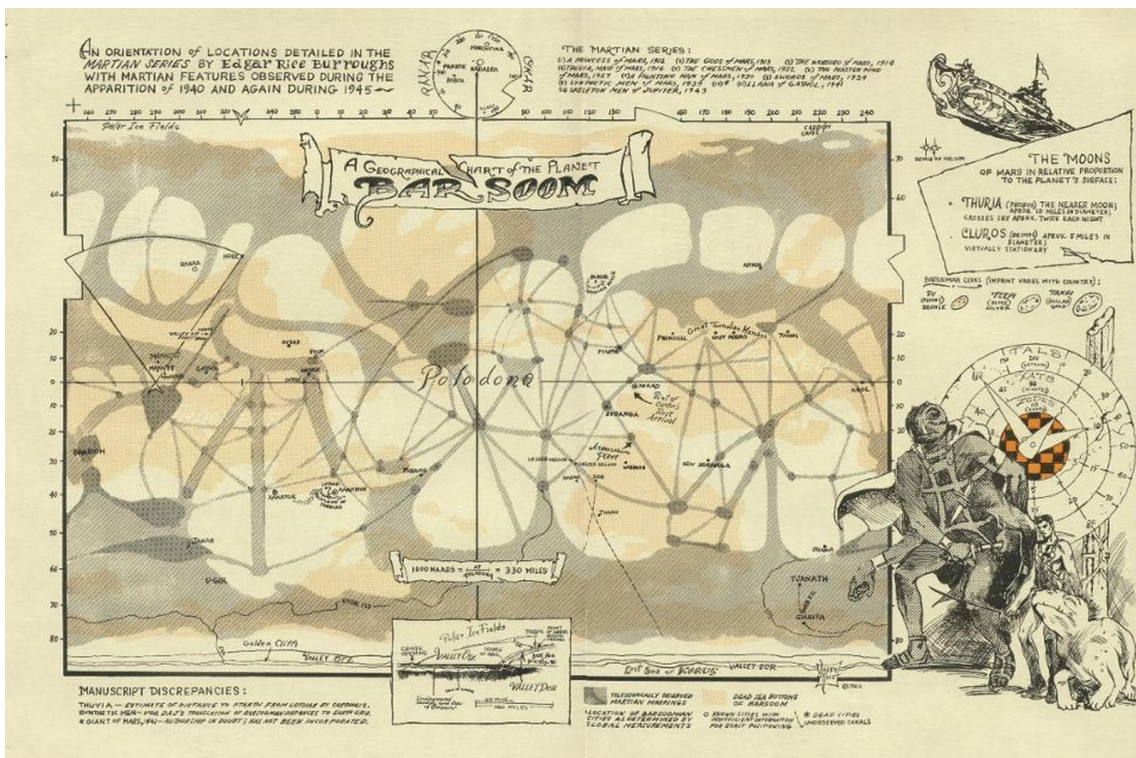






Portadas de los primeros seis libros de la serie de Edgar Rice Burroughs sobre *Barsoom*.

Por lo menos, no creo que nuestro Marte sea como el de estas novelas escritas por Edgar Rice Burroughs, el creador de *Tarzán*. Su Marte era el de Percival Lowell, un planeta de antiguos fondos marinos, canales y estaciones de bombeo, bestias con seis patas y hombres (algunos sin cabeza) de todos los colores, incluyendo el verde. Tenían nombres como Tars Tarkas.



Mapa de Barsoom de Larry Ivie que apareció en *The readers guide to Barsoom and Amtor*.

Probablemente, la hipótesis más notable propuesta por Burroughs en estas novelas era que los seres humanos y los habitantes de Marte podían tener descendencia, prole, proposición biológicamente imposible si los marcianos y nosotros tenemos orígenes biológicamente distantes. Burroughs escribió muy honestamente acerca de la interfertilidad de un virginiano, milagrosamente transportado a Marte, y de Dejah Thoris, la princesa de un reino con el improbable nombre de Helium. No tengo dudas de que el precedente de un reino llamado Helium condujera directamente al planeta llamado Kryptón, patria de *Superman*, el protagonista de una historieta para niños. Hay aquí una rica vena de material literario que aún no se ha explotado bastante. El futuro puede mostrar planetas, estrellas, o incluso galaxias completas, llamadas Neón, Argón, Xenón, y Radón, gases nobles.

Pero el nombre ideado por Burroughs, que a través de los años me ha obsesionado, es el que imaginó que los marcianos dieron a Marte: *Barsoom*. Y fue una frase suya más que ninguna otra cosa la que se grabó en mi pensamiento:

«*Las violentas lunas de Barsoom.*»

Pues, sin duda, Marte es un mundo con dos lunas, situación que parecería completamente natural para los habitantes de dicho planeta como para nosotros lo es contar con una sola Luna. Sabemos cómo se presenta nuestro solitario satélite a simple vista desde la superficie de la Tierra. Pero, desde la superficie de Marte, ¿qué aspecto tienen las lunas de Barsoom? Esta pregunta que, de vez en cuando, me preocupaba en mi adolescencia, no iba a tener respuesta hasta el año 1971 y el viaje del *Mariner 9*.

Las lunas de Marte fueron creación de Johannes Kepler, el descubridor de las leyes del movimiento planetario y hombre de escasa talla intelectual. Pero vivió en el siglo XVI, en un clima intelectual muy diferente del actual. Confeccionaba horóscopos para poder comer; la astronomía era su pasión más que su ocupación. Su madre fue juzgada y condenada por bruja. Cuando Kepler se enteró del descubrimiento de Galileo, con uno de los primeros telescopios astronómicos, de las cuatro grandes lunas de Júpiter, él inmediatamente concluyó que Marte tenía dos lunas. ¿Por qué? Porque Marte se hallaba a una distancia intermedia del Sol, entre la Tierra y Júpiter. Sin duda, parecía evidente que debía poseer un número intermedio de lunas. Las observaciones parecían demostrar que Venus carecía de lunas, la Tierra contaba con una y Júpiter con cuatro (el verdadero número que hoy día conocemos es de doce). Kepler pudo haber deducido dos o tres lunas para Marte, pero la pasión de toda una vida por las progresiones geométricas le llevó a elegir dos. El razonamiento, por supuesto, es falso. Las diez lunas de Saturno, las cinco de Urano y las dos de Neptuno no encajan en este esquema, que no es científico, sino más bien estético.

Pero el prestigio de Kepler era inmenso, particularmente después de que las leyes del movimiento planetario se derivasen de la teoría de la gravitación de Isaac Newton; y así, las alusiones literarias a las dos lunas de Marte perduraron a lo largo de los siglos. En la un tanto larga historia corta de Voltaire, *Micromegas*, un ciudadano de la estrella Sirio se da cuenta, por casualidad, cuando viajaba por nuestro Sistema Solar, de que Marte tenía dos lunas. Hay una referencia más famosa a las dos lunas marcianas en la sátira de Jonathan Swift de 1726, *Viajes de Gulliver*, no en las partes de los liliputienses, ni en la de los gigantes o en la de los

caballos inteligentes, sino en la menos leída de todas, la que se refiere a la isla flotante y aérea de Laputa. El episodio es, sin duda, una crítica descaradamente razonada de las tensas relaciones hispano-británicas en la época de Swift, porque *la puta* es una palabra española que equivale a prostituta. Las metáforas políticas son oscuras, al menos para mí. De todos modos, Swift anuncia casualmente que los astrónomos de Laputa han descubierto dos lunas de Marte, las cuales poseen rápidos movimientos y han proporcionado información sobre su distancia a Marte y sus períodos de traslación alrededor de Marte, información que es incorrecta, pero que es inteligente como intuición. Existen toda una serie de publicaciones sobre cómo era posible que Swift conociera las lunas de Marte, incluyendo la sugerencia de que Swift era marciano. Sin embargo, las pruebas demuestran que Swift no era marciano y que su conocimiento sobre las dos lunas, sin duda, puede deberse a las especulaciones de Kepler.

El verdadero descubrimiento de las dos lunas de Marte se hizo desde las afueras de Washington D.C., en 1877. El Observatorio Naval de los Estados Unidos acababa de terminar un gran telescopio refractor. El astrónomo del observatorio, Asaph Hall, intentó averiguar si las lunas de Marte, ensalzadas en canciones y en la literatura, existían realmente. Sus primeras noches de observación constituyeron un fracaso, y de mal humor incluso anunció a su esposa que se proponía abandonar la búsqueda. La señora Hall no admitió esto y animó a su marido a que trabajara unas cuantas noches más con el telescopio, hasta que el hombre tuvo a su alcance los satélites marcianos. Durante un corto período de tiempo pensó que había hallado tres satélites, porque el interior se movía tan rápidamente que en una noche le vio a un lado de Marte y a la noche siguiente en el otro. Hall bautizó a las lunas con los nombres de Fobos y Deimos, como los caballos que arrastraban la cuadriga del dios de la guerra en la mitología griega; significan, respectivamente, temor y terror. (Los adjetivos adecuados implican algunos problemas: ¿Hablamos de órbitas fóbicas y de noches deimónicas?) Si algún día se descubre otra luna de Marte, espero que se la bautice con un nombre menos feroz y más optimista, como, por ejemplo, «Paz».

También confío en que cuando se fijan definitivamente las características de Fobos y Deimos por parte de la Unión Astronómica Internacional, una de ellas se llame como la señora Hall. Pero como la otra seguramente será llamada como Asaph Hall, tendremos un problema: dos cráteres llamados Hall serían algo perturbador. En una charla que di en Harvard, sobre astronomía comenté que el problema se resolvería si conociésemos el nombre de soltera de la señora Hall. Mi amigo Owen Gingerich, profesor de Historia de la Ciencia en Harvard, inmediatamente se puso en pie replicando: «Angelina Stickney» Así pues, cuando llegue el momento, espero que habrá un «Stickney» en una de las lunas de Barsoom.

El subsiguiente estudio de Fobos y Deimos llevado a cabo entre 1877 y 1971 tiene una curiosa historia. Las lunas de Marte son tan pequeñas que aparecen, incluso contempladas con los mejores telescopios, como simples puntos de luz. Son excesivamente pequeñas para haber sido observadas con los telescopios anteriores a 1877. Sus órbitas pueden calcularse anotando sus posiciones en varios tiempos. En 1944, en el Observatorio Naval de los Estados Unidos (donde sin duda debió desarrollarse un comprensible interés por Fobos y Deimos), B. P. Sharpless reunió todas las observaciones que tenía a su disposición por entonces para determinar las órbitas con la mayor precisión. Halló –sin duda con enorme sorpresa– que la órbita



de Fobos parecía decaer en lo que los astrónomos llamaban aceleración secular. En largos períodos de tiempo, el satélite parecía estar aproximándose cada vez más a Marte, a la vez que se movía también mucho más rápidamente. Este fenómeno nos es muy familiar hoy día. Las órbitas de los satélites artificiales decaen durante todo el tiempo en la atmósfera de la Tierra. Inicialmente se reducen a causa de las colisiones con las difusas capas superiores de la atmósfera de la Tierra, pero mediante las leyes de Kepler el resultado neto es un movimiento más rápido.

La conclusión de Sharpless, de una secular aceleración para Fobos, continuó siendo una curiosidad sin explicar y casi sin examinar, hasta que alrededor de 1960 la tuvo en cuenta el astrofísico soviético I. S. Shklovskii. Éste pensó en una amplia gama de hipótesis en cuanto se refería a la aceleración secular, entre ellas la influencia del Sol, la de un campo magnético de Marte y la de la gravedad de este planeta. Halló que ninguna de estas hipótesis encajaba con exactitud. Entonces volvió a considerar la posibilidad del arrastre atmosférico. En los días anteriores a la investigación de Marte con naves espaciales, se conocía escasa e indirectamente el tamaño exacto de los satélites marcianos, pero se sabía que Fobos tenía unos 20 km de diámetro. La altitud de Fobos sobre la superficie de Marte también se conocía. Shklovskii y otros antes que él descubrieron que la densidad de la atmósfera marciana era demasiado baja para producir el arrastre indicado por Sharpless. Fue precisamente en este momento cuando Shklovskii hizo una audaz y brillante suposición.

Todos los cálculos efectuados para demostrar que no existía arrastre atmosférico habían presupuesto que Fobos era un objeto de densidad corriente. Pero, ¿y si su densidad era muy baja? A pesar de su enorme tamaño, entonces su masa sería muy pequeña, y su órbita podría resultar afectada por la enrarecida superior atmósfera marciana.

Shklovskii calculó la precisa densidad de Fobos y halló un valor que alcanzaba a una milésima parte de la densidad del agua. Ningún objeto natural o sustancia tiene una densidad tan baja; hay una madera que tiene la mitad de la densidad del agua. Así pues, con densidad tan baja sólo quedaba una conclusión posible: Fobos tenía que estar hueco. Un objeto enorme y hueco, con 20 km de diámetro, no podía crearse mediante procesos naturales. Por tanto, Shklovskii concluyó que había sido creado por una avanzada civilización marciana. Indudablemente, un satélite artificial de 20 km de diámetro requiere una tecnología mucho más avanzada que la nuestra.

Como no había señales de tal civilización avanzada en Marte, Shklovskii supuso que Fobos –y posiblemente Deimos– habían sido lanzados al espacio en un lejanísimo pasado por una desaparecida civilización marciana. (El lector que se sienta interesado por este tema hallará más detalles de este notable razonamiento de Shklovskii en el libro *Vida inteligente en el Universo*, escrito en colaboración por Shklovskii y por mí [San Francisco, Holden-Day, 1966; New York, Delta Books, 1967].) A continuación de los primeros trabajos de Shklovskii sobre el tema, los movimientos de las lunas de Marte fueron examinados en Inglaterra por G. A. Wilkins, quien manifestó que era probable no existiera aceleración secular. Pero no podía estar seguro.

La extraordinaria sugerencia de Shklovskii en el sentido de que las lunas de Marte podrían ser artificiales es una de las tres hipótesis que hay sobre su origen. Las otras dos –interesantes por derecho propio, pero sin duda muy inexpresivas en

comparación con la hipótesis de Shklovskii— son: 1) que las lunas son asteroides capturados, o 2) que son una especie de restos que quedaron allí cuando se formó Marte. Los asteroides son pedazos de roca y metal que giran alrededor del Sol entre las órbitas de Marte y Júpiter. No es probable, aunque teóricamente posible, que sean escenarios en los cuales la gravedad de Marte pueda capturar a un asteroide que pase a su alcance.

En la hipótesis de «restos marcianos» se considera que trozos de roca de diversos tamaños se unieron para formar Marte; que la última generación de tales piezas produjo los enormes y antiguos cráteres sobre Marte, y que Fobos y Deimos son, por casualidad, los únicos restos que aún perduran de la primitiva historia catastrófica de Marte.

Es evidente que el hecho de confirmar alguna de estas hipótesis, cualquiera de las tres, sobre el origen de las lunas de Marte, sería un logro de suma importancia científica.

La misión del *Mariner* sobre Marte, en 1971, en la cual tuve el placer de trabajar, en principio implicaba el empleo de dos naves espaciales, el *Mariner 8* y el *Mariner 9*. Iban a situarse en órbitas diferentes también con distintos propósitos en el estudio de Marte. Cuando finalmente hubo acuerdo acerca de estas órbitas me percaté de que no estaban lo suficientemente lejos de las órbitas de Fobos y Deimos. También me pareció que las observaciones realizadas por televisión y con otros medios sobre Fobos y Deimos, por la nave espacial *Mariner*, podrían permitirnos determinar parte de su origen y naturaleza. Por tanto, solicité permiso a los funcionarios de la NASA que organizaban y dirigían la misión, para programar observaciones de Fobos y Deimos. Aun cuando los directores de la misión en el Jet Propulsion Laboratory, verdadera organización operativa, no se mostraran muy contrarios a la idea, algunos funcionarios de la NASA se oponían a ella. Por supuesto, existía un plan de la misión escrito en un grueso libro donde se determinaba taxativamente lo que harían los *Mariner 8* y *9*. Pero en dicho plan no se mencionaba para nada a Fobos y Deimos. Así pues, yo no podía mirar ni observar a Fobos ni a Deimos. Pura burocracia.

Indiqué que mi propuesta solamente requería mover las plataformas de registro en la nave espacial para que las cámaras pudiesen observar los satélites marcianos. La respuesta, una vez más, fue negativa. Poco tiempo después presenté otro documento en el que decía que, si Fobos y Deimos eran asteroides capturados, el hecho de examinarlos desde el *Mariner 9* equivalía a efectuar una misión casi o del todo gratuita en el cinturón de asteroides. La maniobra que les había propuesto en la plataforma de la nave espacial ahorraría a la NASA doscientos millones de dólares o así. En algunos círculos esta propuesta se consideró como más apremiante. Al cabo de un año y tras muchos cabildeos, se formó un grupo técnico y se hicieron proyectos para examinar Fobos y Deimos. El grupo que podríamos llamar de trabajo sobre astronomía de satélites, ante mis sugerencias, lo presidió el doctor James Pollack, antiguo alumno mío; pero uno de los signos que dio la NASA acerca de su mala disposición fue que el grupo se formó con posterioridad al lanzamiento del *Mariner 9* y sólo dos meses antes de su llegada a Marte. (Mientras tanto, había fallado el *Mariner 8*.) Cuando el *Mariner 9* llegó a Marte, encontramos un planeta casi enteramente obscurecido por el polvo. Puesto que en Marte había muy poco que observar, de repente estalló un insólito entusiasmo por examinar Fobos y

Deimos. El primer paso fue tomar fotografías desde cierta distancia con objeto de establecer con cierta precisión las órbitas y situaciones de las lunas. Esta tarea se cumplió de forma preliminar dos semanas después de que la nave espacial penetrara en la órbita marciana. El *Mariner 9* tiene un período orbital de aproximadamente doce horas, de manera que daba la vuelta a Marte dos veces al día.

Las fotografías que el *Mariner 9* envió por televisión a la Tierra fueron radiadas de forma muy parecida a como se envían en nuestro planeta fotografías de un continente a otro por cable. La fotografía está dividida en gran número de pequeños puntos (para el *Mariner 9*, varios centenares de miles), cada uno de los cuales con su propio brillo, o sombra o gris, desde el negro al blanco. Una vez que la nave espacial ha tomado la fotografía y allí se registra sobre cinta magnética se envía a la Tierra punto por punto. En efecto, la comunicación dice: Punto número 3277, nivel gris 65; punto número 3278, nivel gris 62, y así sucesivamente. La fotografía se «reúne» por medio de computadora en la Tierra, esencialmente siguiendo los puntos.

La primera fotografía de Fobos, un primer plano relativamente claro, se obtuvo en la revolución 31. A continuación se muestra una foto Polaroid de la imagen del videomonitor de Fobos en la revolución 31, recibida el día 30 de noviembre de 1971. Aun así la imagen es excesivamente borrosa como para poder llegar a conclusión alguna.



La primera imagen de Fobos vista desde el *Mariner 9*, sin procesar por computadora.

Ya tarde, aquella misma noche, el doctor Joseph Veverka, de Cornell, otro antiguo alumno mío, y yo, trabajamos durante la madrugada en el Image Processing Laboratory de JPL para conseguir –mediante técnicas de ampliación y contraste por computadora– todos los detalles que se pudiesen lograr de la imagen. El resultado se muestra a continuación. La forma es irregular. ¿Son cráteres esos manchones?



**La misma fotografía, pero ampliada por computadora y mostrando cráteres.**

Nuestra fotografía mejorada se construyó en el vídeo-monitor de la computadora, línea por línea y de arriba abajo. A medida que emergió gradualmente lo que parecía ser el mayor cráter, vimos un punto brillante en su centro; sólo por un momento tuve la sensación de que estábamos viendo una estrella a través de un enorme orificio en Fobos, o, aún más emocionante, que estábamos viendo una luz artificial. Pero cuando pedimos a la computadora que suprimiera todos los pequeños errores, el punto brillante desapareció.

En la revolución 34, el *Mariner 9* y Fobos se aproximaron mutuamente a menos de 8.000 km, uno de los mayores acercamientos en toda la misión. Por la noche, tarde, al recibir la fotografía, Veverka y yo nos pusimos a trabajar de nuevo con la computadora. Nuestros resultados fueron los que se muestran en la siguiente figura. No estoy seguro de cuál es el aspecto que presenta un satélite artificial de 20 km de diámetro, pero no parece, ser esto. Fobos más bien se parece a una patata podrida.

De hecho, está lleno de cráteres. Para que se hayan acumulado tantos cráteres en esa parte del sistema solar debe de ser muy viejo, probablemente de miles de millones de años. En su conjunto Fobos parece ser un fragmento natural de una roca mayor, terriblemente vapuleada por repetidas colisiones; allí se han abierto o excavado orificios y se le han arrancado trozos, como a golpes de hacha. En Fobos no hay señal alguna de tecnología. Fobos no es un satélite artificial. Cuando, mediante la misma labor realizada en la computadora, se ampliaron las fotos de Deimos ocurrió lo mismo, y así llegamos a la misma conclusión.



**Una imagen posterior, aunque mucho más detallada, de Fobos que muestra su verdadera Naturaleza.**

Fobos y Deimos son los primeros satélites de otro planeta que han sido fotografiados en primer plano. También se observaron mediante el espectrómetro ultravioleta y el radiómetro infrarrojo a bordo del *Mariner 9*. Pudimos determinar sus tamaños y formas y algo de su color. Son objetos extremadamente oscuros, más oscuros que el material más negro que haya en la habitación donde ahora mismo esté sentado el lector. Por supuesto, figuran ya entre los objetos más oscuros del Sistema Solar. Como hay tan pocos objetos con esta oscuridad en cualquier otra parte, esperamos poder llegar a saber algo sobre su composición. Ambos están cubiertos al menos por finas capas de material muy pulverizado. Proporcionan importantes indicios en cuanto se refiere a procesos de colisión en el Sistema Solar inicial. Creo que estamos contemplando al producto final de una especie de selección de colisión natural, en la cual se han separado fragmentos de un cuerpo principal mayor y estamos viendo únicamente esos dos trozos que ahí quedan y que son Fobos y Deimos. Las lunas de Marte también son importantes calibradores de colisión para Marte. Probablemente, Fobos, Deimos y Marte estuvieron juntos en la misma parte del Sistema Solar durante un largo período de tiempo. El número de

cráteres, de un tamaño dado, que hay en Marte, es mucho menor, en general, que en Fobos o en Deimos, proporcionando así importante información acerca de procesos de erosión marciana, cosa que no existe en Fobos y Deimos, sin aire y sin agua.

Como ahora poseemos una buena información acerca del tamaño y forma de estos objetos, y como también contamos con buenas razones para pensar que ambos tienen densidades típicas de roca ordinaria, podemos calcular algo sobre lo que significaría encontrarnos, por ejemplo, en Fobos. En primer lugar, Marte a menos de 12.000 km de distancia llenaría aproximadamente la mitad del cielo de Fobos. La salida o alzamiento de Marte sería un acontecimiento espectacular. No sería mala idea la eventual construcción de un observatorio en Fobos para examinar Marte. Sabemos, por el *Mariner 9*, que Fobos y Deimos giran de la misma manera que lo hace nuestra Luna, siempre mostrando la misma cara a su planeta. Cuando Fobos está por encima del hemisferio diurno de Marte, la luz rojiza de este último sería suficiente para leer por la noche en Fobos.

Debido a su pequeño tamaño, Fobos y Deimos poseen aceleraciones de gravitación muy bajas. Sus gravedades no atraen con mucha fuerza. La de Fobos equivale tan sólo a una milésima parte de la de la Tierra. Si en la Tierra se da un salto de digamos 1 metro aproximadamente, ese mismo salto en Fobos alcanzaría una altura de alrededor de 800 metros. No se precisarían muchos saltos para circumnavegar Fobos. Podrían ser saltos en arco graciosos y lentos, que tardarían varios minutos en alcanzar el punto más elevado de la trayectoria de autopropulsión, para luego regresar delicadamente a la Tierra.

Aún más interesante sería, por ejemplo, jugar un partido de béisbol en Fobos. La velocidad necesaria para lanzar un objeto en órbita alrededor de Fobos es solamente de unos 40 km por hora. Un lanzador aficionado de béisbol podría fácilmente lanzar una pelota en órbita alrededor de Fobos. La velocidad de escape de Fobos es sólo de cerca de 60 km por hora, velocidad alcanzada fácilmente por los lanzadores profesionales de béisbol. Una pelota de béisbol que escapara de Fobos orbitaría alrededor de Marte, diminuta luna lanzada por el hombre. Si Fobos fuese perfectamente esférico, un astronauta solitario, aficionado al béisbol, podría inventar una curiosa versión, aunque algo perezosa, de este juego, ya de por sí un tanto perezoso. Primero, como *pitcher* o lanzador podría arrojar la pelota de lado, hacia el horizonte, a unos 50 km por hora. Entonces podría irse a casa a almorzar, porque la pelota tardaría un par de horas en dar la vuelta a Fobos. Después de almorzar, tomaría el bate, caminaría en dirección opuesta a la del lanzamiento, y esperaría a la pelota lanzada dos horas antes. Aparte del hecho de que los buenos lanzadores rara vez son buenos con el bate, pegar a este lanzamiento sería cosa muy fácil. Como la luz del día en Fobos sólo dura cuatro horas, todo el juego tendría que modificarse para poder jugar durante ese corto período de luz.

Probablemente, estas posibilidades deportivas dentro de uno o dos siglos, sean industria turística para Fobos y Deimos. Pero el béisbol, en Fobos, sería un curioso entretenimiento, que asimismo podría disfrutarse casi en idénticas circunstancias en la Luna. Sin embargo el interés científico por las lunas de Marte —ya sean asteroides capturados o restos de la formación del planeta— es inmenso. Más pronto o más tarde, por supuesto en una escala de siglos, habrá instrumentos que permitan al

hombre sobre la superficie de Fobos contemplar con asombro al inmenso planeta rojo que llena el horizonte casi por completo.

¿Y qué decir del panorama opuesto? ¿Qué aspecto pueden tener las lunas de Barsoom vistas desde la superficie de Marte? Como Fobos está tan cerca de Marte, se vería como un disco clarísimo, aunque es un objeto diminuto. De hecho, Fobos aparecería en el espacio con el tamaño aproximado de la mitad de nuestra Luna contemplada desde la Tierra. Sabemos, por el *Mariner 9*, que tan sólo un lado de Fobos es visible desde Marte, al igual que nos ocurre en la Tierra con la Luna. Esa cara de Fobos es, aproximadamente, la que se muestra en la segunda imagen de dicho satélite. Hasta que se llevó a cabo el viaje del *Mariner 9*, nadie –excepto los marcianos, si los hay– ha visto jamás esa cara.

Por otra parte, como Fobos está tan cerca de Marte, las leyes de Kepler le impulsan a moverse con rapidez comparativa alrededor del planeta. Efectúa aproximadamente dos órbitas y media alrededor de Marte en 24 horas. Por otra parte Deimos tarda treinta horas y dieciocho minutos en terminar su órbita alrededor de Marte. Ambas lunas giran en sus órbitas en la misma dirección o sentido que Marte efectúa la rotación sobre su eje. Así, Deimos sale por el Este y se pone en el Oeste, como debe hacerlo todo buen satélite que se juzgue a sí mismo como tal. Pero Fobos lo hace una vez alrededor de su órbita en menos tiempo de lo que tarda Marte en su giro. En consecuencia, Fobos sale por el Oeste y se pone por el Este, tardando cinco horas y media en pasar de un horizonte a otro. Éste no es, exactamente, un movimiento violento –el movimiento no sería fácilmente perceptible contra el campo de estrellas durante un minuto de contemplación–, pero tampoco es lento. Habrá algunas noches en el ecuador de Marte, cuando Fobos se ponga por el Este durante la puesta de Sol y luego salga por el Oeste mucho antes del amanecer.

Fobos está tan cerca del plano ecuatorial de Marte que resulta completamente invisible desde las regiones polares del planeta. Si fuésemos a imaginar la presencia de seres inteligentes en Marte, la astronomía sería competencia de las sociedades ecuatoriales y no de las de las altas latitudes. No estoy seguro de si Helium era un reino ecuatorial.

Freud dice, en alguna parte, que los únicos hombres felices son aquellos que han hecho realidad los sueños de su juventud. Yo no puedo decir que sea éste mi caso del todo, pero jamás olvidaré aquellas tempranas horas, en un frío noviembre californiano, cuando Joe Veverka, técnico de la JPL y yo, fuimos los primeros seres humanos que vimos la cara de Fobos.

El Estado de California fue lo suficientemente amable como para concederme una matrícula automovilística rotulada con el nombre de «PHOBOS». Mi coche no es demasiado perezoso o lento, pero tampoco es capaz de girar alrededor de nuestro planeta dos veces al día. La matrícula me agrada. Hubiese preferido «BARSOOM», pero en California existe un límite de seis letras para las matrículas de los automóviles.

## 16. Las montañas de Marte - 1. Observaciones desde la Tierra



**Mapa topográfico, basado en estudios de radar, de elevaciones y altitudes medias de Marte. Laboratorio de Estudios Planetarios, Cornell University.**

Las montañas de la Tierra son el producto de épocas en las cuales ocurrieron grandes catástrofes geológicas. Se cree que las mayores cadenas montañosas se produjeron por la colisión de enormes bloques continentales durante su deriva. El movimiento de los continentes acercándose y separándose unos de otros, aproximadamente a unos dos centímetros por año nos parecerá, sin duda, sumamente lento. Pero como la Tierra tiene miles de millones de años de antigüedad, se dispuso de mucho tiempo para que los continentes chocasen en todo nuestro planeta.

Las montañas más pequeñas se deben a fenómenos volcánicos. La roca fundida y ardiente, llamada lava, asciende a través de tuberías situadas en las capas superiores de la Tierra –tuberías, por llamarlas de alguna manera, de débil estructura a través de las cuales se alivia y libera la presión inferior– y producen enormes pilas de escoria volcánica que se enfrían. El orificio abierto en la cima del



volcán –los geólogos le llaman caldera de la cumbre– es el conducto a través del cual se producen sucesivas erupciones de lava. En la caldera de la cima o cumbre de un volcán en actividad, como, por ejemplo, en Hawai, podemos ver auténtica lava fundida. Estas montañas volcánicas individuales y cadenas montañosas o cordilleras, que son realmente entidades separadas, constituyen muestras de que existe una Tierra vigorosa y dinámica.

¿Y qué hay de Marte? Es un planeta más pequeño que la Tierra; su presión central y temperaturas también son inferiores; posee, asimismo, un promedio de densidad inferior al de la Tierra. Estas circunstancias parecen combinarse para sugerir que Marte debe ser menos activo geológicamente que la Tierra y la Luna. Pero incluso en la Luna, objeto mucho más pequeño que Marte, con temperaturas internas inferiores a las de este planeta, al parecer existe una actividad volcánica tal y como lo han descubierto las misiones Apolo. Aún hoy no comprendemos la conexión que pueda haber entre el tamaño y estructura de un planeta y la presencia de montañas y actividad volcánica, aunque sabemos que en la Luna no hay importantes cordilleras.

Nuestra actual ignorancia sobre este tema, por supuesto, casi deja de ser tal comparada con la ignorancia de los primeros astrónomos planetarios, quienes hace menos de un siglo contemplaban el firmamento mediante pequeños telescopios tratando de averiguar a qué distancia se hallaba Marte. Uno de los primeros astrónomos que se preocupó por el tema de las montañas de Marte, fue Percival Lowell. Éste creía (véase el Capítulo 18) haber hallado pruebas de la existencia de una extensa red de líneas rectas que cruzaban la superficie marciana con notable regularidad y dirección, y que sólo habían podido ser producidas por una raza de seres inteligentes en aquel planeta. Creía que estos «canales» transportaban agua.

Ahora sabemos que el problema o, más bien, sus conclusiones obedecían más a su lógica personal que a sus observaciones; ninguno de los *Mariner* ni tampoco otras recientes observaciones de Marte han demostrado la existencia de tales canales lowellianos.

En la última década del pasado siglo, Lowell sugirió que Marte no debía tener montañas, porque éstas serían un grave obstáculo para la construcción de canales. Pero seguramente una raza que podía construir tan enorme red de canales también podría suprimir o evitar una montaña mal situada.

Sin embargo, Lowell se hallaba entre los primeros astrónomos en aplicar auténticas pruebas de observación al problema de la existencia de montañas en Marte. Miró más allá del límite de iluminación. Este límite de iluminación es la línea –aguda o, más bien, algodonosa, dependiendo siempre de la ausencia o presencia de una atmósfera planetaria– que separa el día de la parte nocturna de un planeta. El límite de iluminación se mueve alrededor del planeta una vez al día –el día planetario local–, pero si hay montañas en el lado oscuro del límite de iluminación, las montañas recibirán los rayos del Sol poniente cuando sus valles adyacentes estén sumidos en la obscuridad. Galileo empleó primero esta técnica para descubrir lo que él llamó las montañas de la Luna, aunque las montañas lunares son principalmente enormes fragmentos de piedra que cayeron del cielo en las fases finales de la formación de la Luna más que montañas del tipo terrestre, que, como ya hemos dicho, se produjeron debido a una actividad geológica interior.

Lowell y sus colaboradores hallaron casos de brillantes proyecciones más allá del límite de iluminación, producidas por los rayos del Sol poniente. Pero cuando calcularon sus altitudes –tarea fácil para cualquier experto en geometría a nivel de segunda enseñanza– se encontraron con que tales montañas medían decenas, muchas decenas de miles de metros de altura. Tales elevaciones en Marte le parecieron absurdas a causa de su teoría de los canales. Además, al día siguiente – el día en Marte tiene exactamente igual duración que en la Tierra– cuando tal característica se observó nuevamente, su posición había cambiado. Este proceder o comportamiento es muy característico en montañas de cualquier origen, y Lowell llegó a la correcta conclusión de que había visto tormentas de polvo durante las cuales las finas partículas de la superficie marciana habían ascendido a muchísimos miles de metros en la atmósfera de Marte.

Tales tormentas de polvo también se observan cuando contemplamos a través del telescopio la parte iluminada de Marte. Algunas veces vemos que la configuración característica de marcas brillantes y oscuras en el planeta se oscurece temporalmente. Hay una intrusión de materia brillante en la zona oscura seguida de una reaparición de la antigua configuración. Estos cambios se interpretaron en la época de Lowell como tormentas de polvo que estallaban en las zonas iluminadas, oscureciendo todavía más las ya oscuras áreas adyacentes. La interpretación actual, basada en las detalladas observaciones de largo alcance del *Mariner 9*, confirman este punto de vista (véase el Capítulo 19).

Lowell y sus contemporáneos denominaron a las áreas brillantes «desiertos», y esto también parece ser exacto. Los lowelianos se preocuparon por el problema de si tales zonas brillantes o iluminadas tendían a estar más altas o más bajas que las zonas oscuras, aunque se esperaba que la diferencia de esta elevación fuese extremadamente pequeña. Una zona oscura vista en el limbo iluminado o borde del planeta parecía ser una muesca o depresión; pero esto podía entenderse simplemente en términos de la obscuridad de la zona oscura: si estuviese oscura contra un cielo oscuro no la veríamos en absoluto. Podríamos obtener la impresión errónea de que se trataba de una muesca o depresión. La opinión predominante entre los astrónomos parece haber sido que las zonas oscuras estaban ligeramente más bajas que las brillantes o iluminadas, pero esta diferencia fue calculada por Lowell como de sólo un kilómetro o menos. En 1966 volví a examinar este problema con el doctor James Pollack. Recurrimos a dos principales argumentos. Marte tiene en su hemisferio de invierno un gran casquete polar que, de vez en cuando, se ha atribuido a la presencia de agua congelada o anhídrido carbónico helado. Incluso en la actualidad se ignora su composición. Probablemente se hallen presentes ambas sustancias. Cuando el casquete polar se retira en cada hemisferio una vez al año, hay regiones donde queda hielo atrás. Más tarde, cuando el hielo abandona estas zonas, resultan mucho más brillantes que sus alrededores. Por analogía con la Tierra, podríamos suponer que sean zonas montañosas que permanecen heladas cuando se han fundido o evaporado las nieves de los valles. Y, desde luego, una región polar marciana –las llamadas montañas de Mitchell– se ha identificado como montañosa sólo mediante este razonamiento.

Pero, ¿Por qué las montañas terrestres son los últimos lugares que quedan libres de nieve? Porque a medida que ascendemos hace más frío, como saben todos los montañeros. Pero, ¿por qué la temperatura se va haciendo cada vez más fría a

medida que ascendemos? ¿Acaso pueden aplicarse a Marte estos razonamientos que en la Tierra hacen que las cimas de las montañas sean más frías que sus bases?

Llegamos a la conclusión de que todos los sectores que en la Tierra hacen que el frío sea más intenso a medida que ascendemos, no se podían aplicar a Marte en modo alguno, principalmente porque en Marte la atmósfera está muy enrarecida. Pero los vientos, en Marte, deben ser más fuertes en las cimas de las montañas que en los valles, al igual que en la Tierra. Ésta no es una conclusión por analogía, sino que se basa en la física idónea. Por tanto, imaginemos que los fuertes vientos barren la nieve en las cimas de las montañas marcianas y que las zonas brillantes que retienen el hielo, en Marte, son o están, por consiguiente más bajas.

Nuestra segunda línea de ataque se basó en las observaciones de Marte hechas por radar, las cuales se iniciaron a mediados de 1960. Había una prueba que inmediatamente nos llamó la atención. Cuando la pequeña parte central de la señal del radar se situaba directamente sobre una zona oscura de Marte, únicamente regresaba a la Tierra una fracción muy pequeña de la señal del radar. Pero cuando una zona brillante y adyacente, a un lado u otro de esta región oscura, se situaba bajo el centro de la señal del radar, el reflejo era mucho más fuerte. Esto podía entenderse si la zona oscura era mucho más alta o mucho más baja que la zona brillante adyacente. A juzgar por esta preliminar prueba de radar, concluimos que ya se tratara de una u otra de estas dos alternativas, las zonas oscuras tenían que hallarse sistemáticamente altas en Marte. Llegamos a la conclusión de que existían en Marte grandes diferencias de elevaciones, en algunos casos hasta 18 km entre zonas oscuras y brillantes. Las laderas sólo mostraban unos pocos grados de inclinación, y tanto las diferencias de elevación como las laderas se podían comparar con las de la Tierra, aunque las elevaciones parecían ser mayores que aquí. La noción de que los desiertos generalmente eran tierras bajas pareció ser compatible con la noción de que en los valles bajos la fina arena y el polvo se acumulaban, mientras que en las cimas de las montañas –donde los vientos eran más fuertes– no había ninguna partícula pequeña, brillante, o fina.

En los pocos años que siguieron a nuestro análisis, se hicieron estudios de radar más detallados, principalmente por un grupo de científicos en el Haystack Observatory, del Instituto de Tecnología de Massachusetts, dirigido por el profesor Gordon Pettengill. Por primera vez fue posible realizar medidas de altitud mediante radar directo. En lugar de emplear nuestros argumentos indirectos, la tecnología había alcanzado ya un punto en el cual era posible medir cuánto tardaba la señal de radar en llegar a Marte y regresar aquí. Aquellos lugares de Marte desde donde la señal de radar tardaba más en regresar se hallaban más lejos de nosotros, y, por tanto, más profundos. Aquellas regiones de Marte desde donde la señal de radar tardaba menos en regresar se hallaban más cerca de nosotros, y, por tanto, más elevadas. De esta manera se construyeron los primeros mapas topográficos de algunas regiones seleccionadas de Marte. Las máximas diferencias de elevación y las pendientes eran, aproximadamente, las que habíamos calculado nosotros con medios mucho más indirectos.

Pero las zonas oscuras no parecían ser sistemáticamente más altas que las iluminadas. Pettengill y sus colegas descubrieron que una región brillante de Marte

llamada Tharsis era muy alta, probablemente la región más alta localizada en el planeta. Una zona circular y brillante, marciana, llamada Helas, que en griego significa "Grecia", resultó que era muy baja a juzgar por las observaciones llevadas a cabo con posterioridad, sin radar. Sin embargo, otro lugar parecido, llamado Elysium, también grande y brillante, se descubrió que era alto. La zona marciana más oscura, Syrtis Major, resultó ser una pendiente escalonada.

¿Por qué Pollack y yo teníamos razón sólo parcialmente? Debido al llamado Occam's Razor, principio usado con frecuencia en el terreno de la ciencia, pero que no es infalible. El Occam's Razor recomienda que, cuando uno se enfrenta a dos hipótesis igualmente buenas, debemos elegir la más sencilla. Habíamos supuesto que las zonas oscuras eran, bien sistemáticamente altas o sistemáticamente bajas. Si éste fuera el caso, las zonas oscuras tenían que ser necesariamente altas. Pero éste no es el caso; las zonas oscuras pueden ser o altas o bajas. Nuestras conclusiones tan sólo reflejaron nuestras suposiciones.

Pero me siento muy complacido de que hayamos podido, mediante la lógica y la física, alcanzar parte de la verdad y demostrar que hay enormes diferencias de elevación en Marte, elevaciones muchísimo más grandes de lo que sospechó Lowell. Encuentro más difícil, pero más divertido, obtener la respuesta correcta mediante razonamiento indirecto y antes de que todas las pruebas estén en el bolsillo. Es lo que hace un teórico en la ciencia. Pero las conclusiones a que se llegan de esta forma son, evidentemente, más arriesgadas que las que se obtienen a través de una medida directa, hasta el punto de que la mayoría de los científicos se reservan sus juicios o criterios hasta que disponen de pruebas más directas y más seguras. La principal función de semejante tarea detectivesca –aparte de entretener al teórico– es, quizás, encolerizar y molestar a los «observadores», para que así se vean obligados, en plena furia de incredulidad, a poner en práctica medidas críticas.

## 17. Las montañas de Marte - 2. Observaciones desde el espacio



**Mosaico de cuatro fotografías, tomadas desde el *Mariner 9*, del mayor volcán conocido en el Sistema Solar, el Nix Olímpica, visto verticalmente desde arriba. Cortesía de la NASA.**

El épico vuelo del *Mariner 9* a Marte, en 1971, dio lugar a un nuevo conjunto de medidas directas y definitivas relacionadas con las montañas y elevaciones de Marte. Se han confeccionado algunos mapas de los terrenos elevados de Marte, mapas moderadamente completos, como resultado de los experimentos llevados a cabo por el *Mariner 9* con su espectrómetro ultravioleta, espectrómetro infrarrojo y otros instrumentos de enorme precisión. Pero la información más sorprendente acerca de las montañas de Marte se debe al experimento de la televisión.

Las primeras fotografías que el *Mariner 9* envió de Marte, obtenidas incluso antes de la inserción orbital el 14 de noviembre de 1971, mostraban un planeta casi sin rasgos característicos. Apenas se distinguía el casquete polar sur, pero las marcas oscuras y brillantes que se habían visto y debatido durante un siglo no se observaban por parte alguna. Esto no era un fallo de la cámara de televisión, sino más bien el resultado de una espectacular tormenta de polvo en todo el planeta, que se había iniciado a fines de septiembre y no cesaría hasta principios de enero.

Las primeras fotos preorbitales y los primeros días de fotografías orbitales tampoco mostraron significativos detalles excepto en la región de Tharsis. Aquí, había cuatro lugares oscuros y un tanto irregulares, tres de ellos situados en línea casi recta y extendiéndose desde el Nordeste al Sudoeste; el cuarto estaba alejado de ellos y hacia el Oeste. Por otra parte, como no había en el planeta nada más visible, dediqué alguna atención a estos lugares en las primeras fases de la misión, tanta atención que durante cierto tiempo fueron conocidos con el nombre de «Carl's Marks» por varios de mis ingeniosos compañeros de investigación. A mi vez, propuse llamarles Harpo, Groucho, Chico y Zeppo, pero todo esto ocurrió antes de que se estableciese su significado.

El lugar que aparecía aislado correspondía por su posición con la clásica característica marciana llamada Nix Olympica, en recuerdo de las Nieves del Olimpo, morada de los dioses. Los otros tres lugares no parecían corresponder a ningún rasgo característico o más familiar de la superficie de Marte. Pero Bradford Smith, astrónomo de la Universidad del Estado de Nuevo México, señaló que correspondían (como Nix Olympica) a lugares en Marte que muestran iluminación local a mediodía observados desde la Tierra. En algunas de las fotografías telescópicas de Smith, obtenidas con un filtro violeta azul y cuando no había tormentas de polvo en Marte, estos cuatro lugares aparecían como lugares blancos muy brillantes, aun cuando el contraste entre las zonas normalmente brillantes y oscuras era muy pequeño y las marcas corrientes de Marte no se distinguían (situación usual cuando se ve a Marte bajo luz violeta o azul en lugar de roja o anaranjada). ¿Acaso estaríamos observando alguna especie de nubes oscuras en medio de una tormenta de polvo, en lugares donde se encontraban normalmente nubes brillantes?

Otro experimentador, William Hartmann, de Science Applications, Inc., Tucson, Arizona, trabajó con una computadora ampliando y contrastando las fotografías originales de los cuatro lugares y encontró débiles indicios de regiones circulares centrales, en por lo menos dos de ellas. Por supuesto, las fotografías tomadas por los *Mariner 6* y *7* de Nix Olympica, en 1969, mostraban indicios similares.

Por entonces, la extensión y gravedad de la tormenta de polvo se había hecho más que evidente y, en consecuencia, hubo que demorar nuestra proyectada misión de trazar el mapa del planeta mediante la ayuda del *Mariner 9*. La nave espacial demostró poseer enorme capacidad para tomar fotografías e incluso primeros planos de los cuatro lugares en cuestión. Estos experimentos fueron posibles porque el *Mariner 9* poseía, a la vez, formidable capacidad de adaptación. La plataforma sobre la cual iban las cámaras podía orientarse hacia cualquier punto que se deseara en Marte, y el personal técnico del Jet Propulsion Laboratory del Instituto de Tecnología de California pudo cambiar sus planes con la suficiente rapidez para ajustarse a las

nuevas necesidades científicas de la misión. Debido al diseño del artilugio espacial y a la adaptabilidad de sus controladores, comenzaron a llegar los primeros planos de los cuatro lugares.

Cada uno de ellos tenía un centro vagamente circular. Había segmentos paralelos y arqueados. Asimismo había una especie de concha. Todas estas características aparecían un tanto oscuras destacándose contra unos brillantes alrededores, correspondiendo a la apariencia oscura de los lugares vistos al principio en baja resolución.

Las formas particulares que habíamos visto en las primeras fotografías carecían de significado para mí. Pero me sentí muy sorprendido por el hecho de que estos rasgos circulares se daban en Tharsis, la región más alta de Marte. Estos rasgos eran cráteres. ¿Por qué les veíamos y virtualmente no observábamos otros rasgos o características marcianas? Porque deben ser las regiones más altas de Tharsis, zona ya enormemente elevada. Los cuatro lugares, por tanto, me parecieron grandes montañas que asomaban a través del polvo. Entonces propuse que, a medida que fuera pasando el tiempo y se calmasen las tormentas de polvo (debido a la experiencia con otras tormentas globales en Marte, experiencia con décadas de observación, sabíamos que las tormentas de polvo se irían calmando gradualmente), observásemos con más atención estas montañas, incluso hasta sus bases. Por otra parte, llegué a pensar en que podríamos trazar mapas topográficos de las mismas cuando el polvo se asentara. Por desgracia, vimos que el asentamiento del polvo era operación muy irregular y esta sugerencia no dio ningún fruto.

Los geólogos, miembros del equipo de televisión del *Mariner 9*, como Harold Masursky y John McCauley, de la U. S. Geological Survey, se encariñaron inmediatamente de la *forma* de los cráteres y muy pronto les identificaron –por analogía con características similares de la Tierra– como grandes amontonamientos volcánicos con calderas en la cumbre. Yo siempre he desconfiado de argumentos o alegatos basados en analogías terrestres. Después de todo, Marte es otro lugar. En cuanto a lo que sabíamos –o, al menos, en cuanto a lo que yo sabía–, creíamos que allí podían darse procesos geológicos muy diferentes, y que las características similares a las de la Tierra podían producirse por muy diversas causas.

Sin embargo, y siguiendo una ruta diferente, llegué a la misma conclusión que los geólogos: sólo conocemos dos procesos capaces de producir cráteres: el impacto de restos interplanetarios (origen, por ejemplo, de la mayor parte de los cráteres de la Luna) y el vulcanismo. Sería mucho pedir esperar que los grandes meteoritos o pequeños asteroides que «cavaron», por así decirlo, cuatro de los mayores cráteres de impacto en Tharsis fueran lo suficientemente «inteligentes» como para caer sobre la cima de las cuatro montañas más altas de Tharsis. Mucho más plausible es la idea de que el mecanismo que hizo la montaña hizo también el cráter. El mecanismo se llama vulcanismo.

A medida que la tormenta de polvo fue amainando, se hizo mucho más clara la auténtica magnitud de estas cuatro montañas volcánicas. La más grande de ellas, la Nix Olympica, mide 400 km de un lado a otro, mayor que cualquiera de características similares de la Tierra, como, por ejemplo, las islas Hawai. No se han determinado aún las alturas de los lugares en cuestión, pero parecen tener entre 9.000 y 18.000 m sobre el nivel del planeta. (No podemos hablar de nivel del mar en

Marte, porque no hay –al menos por ahora– ningún mar allí.) Desde entonces se han descubierto una docena más de volcanes en otras regiones de Marte.

El radiómetro infrarrojo del *Mariner 9* no mostró señales de la presencia de lava caliente en las calderas de los cráteres. Por otra parte, su aspecto fresco y la casi total ausencia de cráteres producidos por meteoritos en sus laderas demostraban ser objetos muy jóvenes, geológicamente hablando, quizá no tendrían más de unos cuantos centenares de millones de años o acaso un poco más jóvenes.

La asociación de nubes con estas montañas volcánicas podía deberse a una salida contemporánea de gases de las calderas, vapor, por ejemplo, expulsado por las «troneras» volcánicas. Pero parece más probable que las nubes se encuentren sobre la cima de estas montañas, precisamente porque estas montañas son tan altas. Una imaginaria parcela de aire marciano que ascienda por la ladera de la montaña se extiende y enfría. (El aire se enfría cuando ascendemos en la atmósfera marciana. Pero, como el aire está tan enrarecido en Marte, no puede cambiar bien el calor con la superficie; así la superficie no se enfría cuando ascendemos por una montaña en Marte, como ya hemos dicho anteriormente.) Cuando la temperatura en la zona de aire desciende por debajo del punto de congelación del agua, todo el vapor de agua contenido en ella se condensa formando cristales de hielo. La cantidad de vapor de agua que sabemos existe en la atmósfera marciana, las alturas de las montañas y la cantidad de pequeños cristales de hielo necesarios para producir una nube visible, parecen unirse y formar un conjunto que explique de forma racional las nubes que hay sobre las montañas de Marte.

El reciente vulcanismo de Marte implica salida de gases, sean o no señales de tal fenómeno las nubes que vemos en la cima de estos volcanes. Cuando la lava caliente fluye a la superficie, lleva consigo una importante cantidad de gas, en la Tierra, principalmente agua, pero acompañada de otra importante cantidad de diversos materiales. Así, los volcanes que vemos en Marte han debido contribuir, en gran medida, a la formación de la atmósfera marciana. En parte, al menos, el aire ha salido por estos orificios al exterior. Como Marte es hoy tan frío, el agua puede estar como atrapada de muchas formas, como, por ejemplo, en forma de hielo, y no abundar en la atmósfera. Es probable que estos volcanes hayan producido mucho más gas que el que vemos hoy día en la atmósfera marciana. Si hay vida en Marte, seguramente debe basarse en el cambio de material con la atmósfera, igual que en la Tierra, donde predomina el ciclo de fotosíntesis de las plantas y la respiración animal. Si hay vida en Marte, estos volcanes pueden, al menos indirectamente, haber desempeñado un importante papel en su actual desarrollo.

Cuando la tormenta de polvo amainó, se situó al *Mariner 9* en una órbita más alta para facilitar el trazado de los mapas geológicos. La nave espacial trabajó muchísimo más de lo que esperaban sus diseñadores. Los mapas geológicos así acabados revelan una enorme formación de cordilleras longitudinales que rodean la Meseta de Tharsis, como si una tercera o cuarta parte de toda la superficie de Marte se hubiera quebrado durante algún colosal fenómeno geológico reciente que alzó a Tharsis. La más espectacular de estas características, casi longitudinales, es un enorme valle que en forma de quebrada se halla en una región llamada Coprates. Es casi tan largo como la mayor quebrada de la Tierra, la situada en el Este de África y que recorre toda la costa africana hasta el mar Muerto. Como Marte es un planeta



más pequeño, la quebrada de Coprates (que algunos llaman valle de Coprates) es, hablando comparativamente, un rasgo muchísimo más impresionante.

La quebrada del África Oriental se da porque los fondos marinos se expanden y por la llamada deriva continental. Los continentes africano y asiático están apartándose lentamente uno de otro, y el vacío o grieta que dejan es dicha quebrada. Pero la deriva continental se cree que obedece a la lenta circulación de material en el manto de la Tierra. Entonces, ¿hemos de creer que Marte, a pesar de su tamaño más pequeño y temperaturas internas más bajas, también sufre difusión de calor y deriva continental? ¿O es posible que diferentes procesos provoquen características similares en los dos planetas?

Sea cual fuere la respuesta, no nos queda más que seguir aprendiendo cosas relacionadas con la antigua ciencia terrestre de la geología, con sus disciplinas prácticas futuras tales como la predicción y el control de los terremotos, examinando y estudiando la geología de nuestro vecino planeta Marte.

## 18. Los canales de Marte



Un sinuoso canal de Marte, probablemente trazado por un antiguo río. Cortesía de la NASA.

En 1877 (como en 1971) el planeta Marte se hallaba a una distancia de la Tierra de 99 millones de kilómetros \* . Los astrónomos europeos con telescopios recientemente perfeccionados se preparaban para lo que era entonces la más cuidadosa observación de nuestro vecino planeta hecha por el hombre. Uno de ellos era Giovanni Schiaparelli, italiano de Milán y pariente del actual modista y perfumista.

\* \_ Marte gira alrededor del Sol a una distancia media de 228 millones de kilómetros, pero, debido a la notable excentricidad de su órbita (0,09), su distancia varía de 207 millones de kilómetros en el perihelio a 250 millones de kilómetros en el afelio; por esta razón, en la oposición la distancia Tierra-Marte varía considerablemente desde los 56 millones de kilómetros hasta cuando la oposición es menos favorable, 99 millones de kilómetros. N. del T..

En general, la vista o espectáculo que ofrecía Marte a través de aquellos telescopios era borrosa e interrumpida por la variable turbulencia de la atmósfera terrestre que los astrónomos llaman «visión» [*seeing*]. Pero había momentos en los que la atmósfera de la Tierra se aclaraba y parecía observarse con más detalle el disco de Marte. Schiaparelli quedó atónito al ver una red de líneas finas y rectas que cubrían el disco del planeta. Llamó a estas líneas *canali*, que en italiano significa «canales» [channels]. Sin embargo, *canali* se tradujo al inglés como [canals], palabra que implicaba clara imputación de diseño.

Las observaciones de Schiaparelli fueron a parar a manos de Percival Lowell, diplomático destinado en Chosen, la actual Corea. Hermano del rector de la Universidad de Harvard y de un personaje aún más famoso, la poetisa Amy Lowell (quien también era famosa por fumar pequeños cigarros puros), Lowell fundó en Flagstaff un observatorio privado para estudiar al planeta Marte. Vio los mismos *canali* que había observado Schiaparelli. Amplió su descripción y elaboró una explicación.

Lowell llegó a la conclusión de que Marte era un planeta o mundo moribundo, en el que había existido vida adaptada a los peligros del planeta en cuestión. El principal de estos peligros era la escasez de agua. Lowell imaginaba que la civilización marciana había construido una extensa red de canales para transportar agua desde los casquetes polares hasta los lugares habitados en zonas más ecuatoriales. El punto más sólido del razonamiento se basaba en la rectitud de los canales, algunos de ellos describiendo grandes círculos durante miles de kilómetros. Lowell pensaba que tales configuraciones geométricas no se podían producir por procesos geológicos. Las líneas eran demasiado rectas. Únicamente podían ser obra de la inteligencia.

Ésta es una conclusión con la cual todos podemos estar de acuerdo. La diferencia está en cuál de los dos lados del telescopio estaba la inteligencia. Lowell creía que aquellas líneas eran auténticos canales de irrigación construidos por los habitantes de Marte para combatir la escasez de agua. Muchos de los astrónomos más famosos que observaron Marte entre finales del siglo y el amanecer de la era espacial hallaron que, aun cuando podían ver los canales en buenas condiciones visuales, sin ser excelentes, en algunos raros momentos de perfecta visibilidad

podían también resolver las líneas rectas en una multitud de manchas y detalle irregular.

Entonces se descubrió que por lo menos la mayor parte de los casquetes polares eran dióxido de carbono sólido y no agua helada. La presión atmosférica era mucho menor que en la Tierra. Se halló imposible la existencia de agua líquida. Se descartó la idea de que hubiese formas de vida y canales en Marte. Y sin embargo...

Cuando en 1971 amainó la tormenta de polvo, el *Mariner 9* comenzó a fotografiar una región llamada Coprates por los observadores clásicos. Coprates era uno de los grandes *canali* descubiertos por Lowell, Schiaparelli y sus seguidores. Hacia el final de la tormenta de polvo, Coprates resultó ser un enorme barranco, más que un valle, que se extendía a lo largo de 5.000 km de Este a Oeste cerca del ecuador marciano. En algunos puntos medía 40 km de anchura y 1.800 m de profundidad. No era perfectamente recto; por supuesto, no se trataba de ninguna obra de ingeniería, pero era una vasta garganta mucho más grande que cualquier similar de la Tierra.



**El gran Valle de Coprates. Cortesía de la NASA.**

Y como partiendo de Coprates había rasgos que sin duda alguna eran muy curiosos, sinuosos canales que parecían serpentear a través de las tierras altas sobre la quebrada de Coprates y de los que a su vez partían bonitos afluentes. Si tales

canales se hubieran visto en la Tierra, sin duda alguna se hubiesen atribuido a corrientes de agua. Pero en Marte las presiones en la superficie son tan bajas que el agua líquida se evaporaría instantáneamente, del mismo modo que, al ser las presiones de la Tierra tan bajas, el anhídrido carbónico se evapora inmediatamente. En la Tierra tenemos anhídrido carbónico sólido y anhídrido carbónico gaseoso, pero no anhídrido carbónico líquido. En Marte, esta ausencia de la fase líquida es tan cierta como la carencia de agua.

Pero a medida que el *Mariner 9* continuó realizando su misión fotográfica se descubrieron muchos más canales. Canales con sistemas tributarios de segundo y tercer orden, canales sin un cráter en su inicio o final, canales con una especie de islas en su parte central y canales con final trezado, como los abiertos en la Tierra mediante inundaciones de tipo regular.

Existen ya muy pocas dudas de que la mayor parte de los canales más largos (algunos miden centenares de kilómetros de longitud) y muchísimos otros más pequeños fueron abiertos por agua corriente. Pero como en la actualidad no puede haber en Marte agua líquida, tales canales debieron haber sido trazados en una época anterior de la historia marciana, cuando las presiones totales eran más elevadas, las temperaturas más altas y también mayor la disponibilidad de agua.

Los canales revelados por el *Mariner 9* hablan por sí mismos y de manera elocuente de la posibilidad de formidables cambios climáticos en Marte. Desde este punto de vista. Marte se encuentra hoy a mitad de una era de hielo, pero en el pasado –nadie sabe cuándo– disfrutó de condiciones mucho más benignas y más parecidas a las de la Tierra. Las razones de tales cambios climáticos se debaten aún hoy día acaloradamente. Antes del lanzamiento del *Mariner 9* sugerí que tales cambios climáticos conducentes a episodios de agua líquida podrían ocurrir en Marte. Podrían ser impulsados por la precesión de los equinoccios, movimiento bien conocido, análogo a la precesión lenta y derivada de una cúspide que gira rápidamente. Los períodos anteriores en Marte se aproximan a los cincuenta mil años. Si ahora estamos en un invierno precesional, con extenso casquete polar en el Norte, hace veinticinco mil años puede haberse dado el invierno precesional con extenso casquete polar en el Sur.

Pero hace doce mil años es probable que haya sido la época de primavera y verano precesionales. La atmósfera densa de aquella época se halla ahora como encerrada en los casquetes polares. Hace doce mil años quizá reinaran en Marte temperaturas deliciosas, noches suaves y el sonido del agua deslizándose por innumerables riachuelos para unirse a caudalosos ríos. Algunos de estos ríos probablemente desembocaron en la gran quebrada de Coprates.

De ser así, hace doce mil años quizás hubo una vida en Marte muy similar a la de la Tierra. Si yo fuese un organismo en Marte, limitaría mis actividades a los veranos precesionales y cerraría la tienda en los inviernos precesionales, como lo hacen muchos organismos en la Tierra durante nuestros inviernos mucho más cortos. Yo haría esporas; haría formas vegetativas; me sumiría en reposo criptobiostático; invernaría, vegetaría, hasta que hubiese terminado el largo invierno. Si esto es realmente lo que hacen los organismos marcianos, puede que estemos llegando a Marte con una anticipación de doce mil años, ¡o demasiado tarde!

Pero hay una manera de intentar probar estas ideas. Una de las formas en que los hipotéticos organismos marcianos sabrían que ha llegado la primavera precesional es por la reaparición del agua líquida. Por tanto, como Linda Sagan ha mencionado, la receta para poder detectar vida en Marte es «añadir agua». Y esto es justamente lo que harán los experimentos biológicos del *Viking* de los Estados Unidos, programado para aterrizar en Marte, en busca de microbios. Un brazo automático dejará caer dos pequeñas muestras del suelo marciano en agua líquida. Una tercera muestra se insertará en una cámara sin ningún agua líquida. Si los dos primeros experimentos dan resultados biológicos positivos y el tercer experimento no, entonces habrá que apoyar esta idea de que los organismos marcianos están esperando a que termine el largo invierno.

Pero es perfectamente posible que los diseños de estos experimentos hayan sido demasiado chauvinistas en el aspecto terrenal. Pueden existir organismos marcianos que disfruten con el actual medio ambiente y se “ahoguen” en agua líquida. La idea de unos organismos marcianos con el aspecto de bellas durmientes, esperando algo así como un beso húmedo del *Viking*, es probablemente una idea absurda o excesivamente fantástica, pero no se puede negar que sea fascinante.

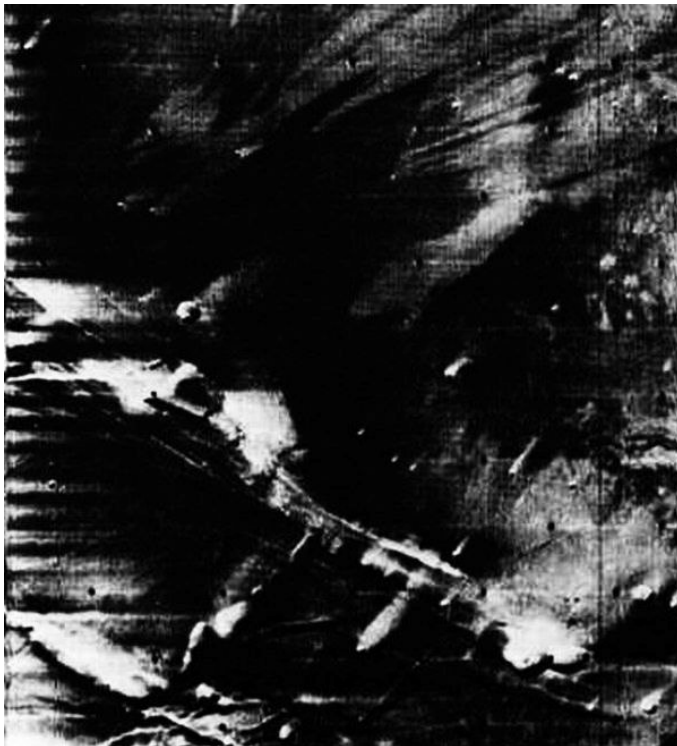
No todos los canales corresponden a las posiciones de los clásicos *canali* dibujados por Lowell y Schiaparelli. Algunos, como Ceraunius, parecen ser cadenas montañosas. Otros se presentan demasiado borrosos como para dictaminar lo que puedan ser. Pero hay alguno como Coprates, que son enormes quebradas abiertas en el suelo de Marte. *Hay* canales en Marte. Puede que su origen sea muy diferente al imaginado por Lowell o es posible que no guarden relación alguna con la biología marciana.

Los canales de Lowell no existen, pero los *canali* de Schiaparelli ahí están. Más o menos, se pueden ver. Es probable que en el futuro, cualquier día, se llenen los canales de agua una vez más, e incluso se llenen de gondoleros del planeta Tierra.

## 19. Las fotografías perdidas de Marte

El *Mariner 9*, en su misión a Marte, envió a la Tierra 7.232 fotografías que revolucionaron nuestros conocimientos del planeta. Muchos centenares de estas fotos se dedicaron al estudio de características variables y a los cambios de tiempo en las configuraciones relativas de marcas oscuras y brillantes en la superficie del planeta que ahora se sabe son provocadas por el polvo arrastrado por el viento. Encontramos miles de líneas oscuras y brillantes, que se iniciaban en los llamados cráteres por impacto y luego se extendían a lo largo de decenas de kilómetros sobre la superficie marciana. Todas señalaban hacia la dirección de los vientos predominantes. Creemos que son producidas por fuertes vientos, que levantan polvo de los cráteres y después lo depositan sobre la superficie más allá de los terraplenes de tales cráteres. Estas líneas son como indicadores naturales de la dirección del viento y, quizás, anemómetros situados en la superficie marciana para nuestra edificación y delicia. Hemos descubierto retazos o manchas oscuras e irregulares en el interior de los cráteres que tienden a formarse en las paredes de sotavento de los cráteres. Así, las manchas y las líneas se convierten en indicadores de la dirección de los vientos. Algunas de las manchas demostraron ser, de acuerdo con el *Mariner 9*, enormes campos de dunas de arena paralelas.

A continuación tres fotografías tomadas por el *Mariner 9* que muestran los efectos de los fuertes vientos cerca de la superficie marciana:



Franjas de viento que radian desde los cráteres de impacto. Cada franja es una delgada capa de polvo soplado por el viento. Cortesía de la NASA.



Arriba: Manchas en el interior de los cráteres. Abajo: Análisis de una de las manchas mostradas arriba. Cortesía de la NASA.



Hemos descubierto muchos casos de líneas oscuras y manchas que varían notablemente en extensión y trazado. Las posiciones y variantes de estas características oscuras se corresponden perfectamente con las clásicas marcas oscuras de Marte, observadas por los astrónomos durante más de un siglo, manchas que entonces se atribuían, por su variación, a cambios en la vegetación del planeta debidos a las estaciones.

Pero nuestro *Mariner 9*, sin duda alguna, ha demostrado que tales cambios y variaciones tienen un origen más meteorológico que biológico.

Esto, por supuesto, no excluye la vida en Marte. Simplemente significa que, si hay vida en Marte, no es fácil descubrirla a distancias interplanetarias. Lo mismo se puede asegurar en el caso opuesto. La evidencia fotográfica de vida en la Tierra durante el día desde Marte es imposible, como así lo hemos comprobado estudiando varios miles de fotografías orbitales de nuestro propio planeta. Pero las manchas y líneas que tanto varían en la superficie marciana son un nuevo fenómeno realmente emocionante que exige un estudio mucho más amplio.

Como los cambios marcianos se dan muy lentamente, es preciso que transcurran largos intervalos de tiempo entre dos fotografías de la misma región, con objeto de ver qué cambios se han operado durante ese tiempo. Al final de la misión las cámaras del *Mariner 9* habían tomado, con pleno éxito, quince fotografías de regiones, en Syrtis y Tarsis, fotos muy importantes para comprender las variaciones de tan largo plazo. Pero cuando llegó el momento de orientar la antena principal del *Mariner* hacia la Tierra, para poder transmitir estas fotografías mediante la grabadora de la sonda espacial, se había agotado ya el llamado gas de control de posición. La sonda espacial había agotado literalmente su combustible.

Un año antes de que se iniciara la misión del *Mariner 9*, se sugirió la posibilidad de que la sonda espacial se quedase sin gas de control en algún momento. Se propuso entonces una solución: que los depósitos de propulsión se conectaran con el sistema de gas de control, una especie de anastomosis espacial. El exceso de gas de propulsión podría usarse para el control de posición en el caso de que se agotara el nitrógeno de control. Se rechazó esta posibilidad, principalmente a causa del gasto que implicaba. Hubiese costado 30.000 dólares, pero nadie esperaba que el *Mariner 9* durase lo suficiente como para agotar del todo su gas de control de posición. Su vida oficial era de noventa días, pero duró casi todo un año. Los ingenieros se habían mostrado demasiado conservadores al valorar su magnífico producto. Mirando hacia atrás, el problema parece presentarse como de una falsa economía. Con un adecuado suministro de gas de control de posición, la sonda espacial podría haber durado otro año en órbita alrededor de Marte. Se hubiesen comprado 150 millones de dólares de ciencia por 30.000 dólares de tuberías. Si hubiésemos sabido que la sonda espacial moriría por falta de nitrógeno, estoy casi seguro de que los científicos planetarios que trabajaron en ella habrían reunido como fuera los 30.000 dólares necesarios.

De hecho, hay muchas dificultades de este tipo en el programa espacial, detalles en los que la adición de una pequeña suma de dinero puede aumentar enormemente el beneficio científico de cualquier misión. Pero la NASA, seriamente limitada en lo que concierne a presupuestos por el Congreso, la Casa Blanca y el Departamento de Dirección y Presupuestos, nunca dispone de semejantes cantidades adicionales. Si

fuese posible hallar un generoso donante, no cabe la menor duda de que a tal ayuda sí podría llamársele filantropía privada.

Pero éstas no dejan de ser vanas e inútiles meditaciones. No se llevó a cabo ninguna anastomosis y, en consecuencia, no hubo playback de la grabadora. Allí, en esa grabadora que aún posee el *Mariner 9*, hay quince fotografías vitales del planeta. Jamás llegarán a la Tierra a través del *Mariner 9*. También ha perdido ya fuerza solar. La luz del Sol ya no se puede convertir en electricidad en sus cuatro grandes paneles solares, y no hay forma de reactivarlos. Puede que jamás sepamos cuál era el aspecto de Tharsis y de Syrtis a principios de noviembre de 1972, vistos desde la órbita marciana.

O quizá sí. El *Mariner 9* se halla en una órbita que desciende muy lentamente en la atmósfera marciana. Pero tal descenso es tan lento que la sonda espacial no se estrellará contra Marte por lo menos durante medio siglo. Antes de ese momento, se realizarán vuelos orbitales dirigidos por el hombre alrededor de Marte. Incluso en la actualidad se realizan con toda pulcritud maniobras de acercamiento y acoplamientos espaciales, y así, probablemente por el año 1990, cuando se lleve a cabo una gran exploración humana de Marte habrá una cita espacial con el *Mariner 9*. La vieja y vapuleada sonda espacial pasará a bordo de alguna nave fabulosa y volverá a la Tierra, probablemente para descansar en la Smithsonian Institution. Quizá para impedir que los microorganismos terrestres del *Mariner 9* alcancen Marte, pero acaso también para rescatar y estudiar las quince fotografías perdidas en la misión del *Mariner*.

## 20. La edad del hielo y la caldera



Extremos del clima en la Tierra. Arriba: Campo de dunas en el Sahara. De *Sahara*, C. Krüger, ed., New York, Putnam, 1969. Abajo: Grietas en el glaciar Vatnajokull, de Islandia. De *The World from above*, por O. Bihalji-Merin, Hill and Wang, New York, 1966.

En nuestro diminuto planeta, girando en una órbita casi circular, a también casi una constante distancia de nuestra estrella, el clima varía algunas veces radicalmente de un lugar a otro. El Sahara es diferente de la Antártida. Los rayos del Sol caen directamente sobre el Sahara y oblicuamente sobre la Antártida, originando gran diferencia de temperatura. El aire caliente se eleva cerca del Ecuador y el aire frío desciende cerca de los polos, dando lugar a la circulación atmosférica. El movimiento de la resultante corriente de aire es desviado por el movimiento de rotación de la Tierra.

Hay agua en la atmósfera, pero cuando se condensa, formando lluvia o nieve, el calor pasa a la atmósfera, cambiando el movimiento del aire.

El terreno cubierto por nieve recién caída refleja más luz solar hacia el espacio que cuando está libre de nieve. El terreno se hace aún más frío.

Cuando en la atmósfera hay más vapor de agua o anhídrido carbónico, se bloquea en mayor medida la emisión infrarroja de la Tierra. La radiación de calor no puede escapar de este invernadero atmosférico y, en consecuencia, se eleva la temperatura de la Tierra.

Hay topografía en la Tierra. Cuando las corrientes de aire se deslizan sobre las montañas o penetran en los valles, cambia la circulación.

En un momento cualquiera y en un diminuto planeta, el tiempo, como todos sabemos, es complejo. El clima, al menos en cierta medida, es imprevisible. En el pasado había fluctuaciones climáticas más violentas. Se extinguieron especies enteras, géneros, clases, y familias de plantas desaparecieron totalmente quizás a causa de estos tremendos cambios climáticos.

Una de las explicaciones más plausibles acerca de la extinción de los dinosaurios es que eran grandes animales con pobres sistemas termorreguladores; eran torpes para construirse madrigueras y, por tanto, incapaces también de acomodarse a una general declinación de la temperatura.

La evolución inicial del hombre está íntimamente relacionada con la aparición de la Tierra tras la vasta glaciación o congelación pleistocénica. Existe todavía una inexplicable conexión entre las inversiones del campo magnético de la Tierra y la extinción de gran número de pequeños animales acuáticos.

La razón de estos cambios climáticos todavía es objeto de acaloradas controversias. Puede ser que la cantidad de luz y calor que emite el Sol sea variable a nivel de decenas de miles de años o quizá más. Puede ser que el cambio climático se deba al cambio muy lento de la orientación de la inclinación del eje de rotación de la Tierra respecto a su órbita. Es posible que las reacciones químicas hayan reducido la cantidad de anhídrido carbónico y otras moléculas de la atmósfera y así se haya enfriado la Tierra.

De hecho, hay unas cincuenta o sesenta teorías diferentes sobre las edades de hielo y sobre otros importantes cambios climatológicos en la Tierra. Es un problema de interés intelectual muy importante. Pero hay algo más que esto. La comprensión del

cambio climático puede tener profundas consecuencias básicas, porque el hombre está ejerciendo tremenda influencia en el medio ambiente de la Tierra, a menudo en formas que revelan mediocres caminos de pensamiento, malas comprensiones y conveniencias individuales y beneficios económicos a corto plazo, entre los habitantes del planeta.

La polución industrial está introduciendo enormes cantidades de partículas extrañas en la atmósfera, partículas que poco a poco van rodeando al Globo. Las partículas más pequeñas, inyectadas en la estratosfera, tardan años en caer. Estas partículas aumentan el reflejo de la Tierra y disminuyen la cantidad de luz solar que llega a la superficie. Por otra parte, la quema de combustibles fósiles, como el carbón, el petróleo y la gasolina aumentan la cantidad de anhídrido carbónico en la atmósfera de la Tierra que, a causa de su importante absorción infrarroja, puede aumentar la temperatura terrestre.

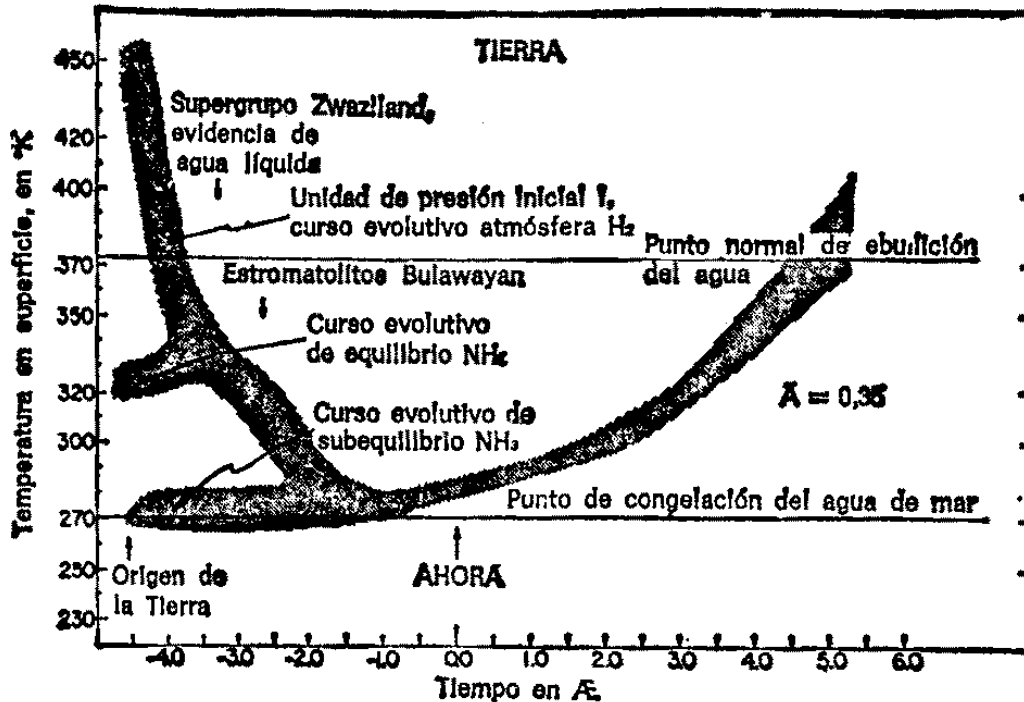
Existe una importante gama de efectos que zarandean, por así decirlo, al clima en direcciones opuestas. Nadie entiende del todo estas interacciones. Aunque parece poco probable que la cantidad de contaminación que se considera admisible pueda provocar un importante cambio climatológico en la Tierra, tampoco podemos estar seguros de tal cosa. Es un tópico que bien merece una investigación a nivel internacional.

La exploración espacial desempeña un interesante papel en la prueba de las teorías del cambio climático. En Marte, por ejemplo, hay inyecciones masivas y periódicas de tenues partículas de polvo en la atmósfera, las cuales tardan semanas y a veces hasta meses en caer. Sabemos, por la experiencia del *Mariner 9*, que la temperatura, estructura y clima de Marte cambian notablemente durante tales tormentas de polvo. Estudiando a Marte, podemos comprender mejor los efectos de la contaminación industrial en la Tierra.

Lo mismo ocurre con Venus. He aquí un planeta que parece haber soportado un efecto invernadero descontrolado. En su atmósfera ha penetrado una cantidad masiva de anhídrido carbónico, ocultando su superficie de tal manera que al espacio escapa muy poca emisión térmica infrarroja. El efecto de invernadero ha calentado la superficie hasta 425° C o más. ¿Cómo se ha dado en Venus este fenómeno? ¿Cómo evitamos que esto ocurra aquí?

El estudio de nuestros planetas vecinos no sólo nos ayuda a generalizar el estudio del nuestro, sino que puede proporcionarnos indicios prácticos y hasta relatos que llevan consigo recomendaciones de precaución que todos hemos de leer, si somos lo suficientemente inteligentes y prudentes para entenderlos.

## 21. Comienzos y finales de la Tierra



Cursos esquemáticos de la evolución de la temperatura del planeta Tierra a través del tiempo geológico. Los cambios de temperatura se deben a los cambios en la luminosidad del Sol y a la composición de la atmósfera terrestre. Un Ae equivale a mil millones de años. Según cálculos del autor. Cortesía de la Asociación Americana para el Progreso de la Ciencia.

Las estrellas no poseen vida eterna. Pero la vida de una persona se mide en décadas y la de una estrella en miles de millones de años.

Una estrella nace de nubes interestelares de gas y polvo. Durante cierto tiempo, convierte el hidrógeno en helio en los hornos termonucleares de su profundo interior. Después, y en plena vejez estelar, sufre una serie de catástrofes más grandes o más pequeñas, un lento goteo o una inyección explosiva de material estelar en el espacio. Durante el período más o menos estable de vida de la estrella, la región interior caliente, al convertir el hidrógeno en helio, gradualmente va abriendo paso hacia el exterior desde el mismo centro. Con el paso del tiempo, la estrella comienza a hacerse, lenta y casi imperceptiblemente, más brillante.

Después de las llamaradas y otras impetuosidades de su temprana adolescencia, nuestro Sol se calmó para iniciar una radiación, o, mejor dicho, una producción de radiación más o menos constante. Pero hace cuatro mil millones de años era aproximadamente un 30 % más oscuro de lo que es en la actualidad. Si suponemos que hace cuatro mil millones de años la Tierra mostraba la misma distribución de tierras y agua, nubes y hielo polar, de forma que absorbía idéntica cantidad relativa de luz solar que hoy, y si también suponemos que tenía una atmósfera similar, podemos calcular cuál era su temperatura. El cálculo revela una

temperatura para toda la Tierra inferior al punto de congelación del agua del mar. De hecho incluso hace dos mil millones de años, según estas suposiciones, el Sol no habría podido ser lo suficientemente brillante como para mantener a la Tierra por encima del punto de congelación al punto de congelación.

Pero disponemos de gran número de pruebas de que éste no fue el caso. En antiguos depósitos de barro hay marcas en forma de ondas y rizos causadas por agua líquida. Existen grandes concentraciones de lava producidas por volcanes submarinos. Hay enormes depósitos de sedimentación que sólo se pueden producir en las orillas de los océanos. Hay productos biológicos llamados estromatolitos algáceos, que sólo se producen en el agua.

Entonces, ¿qué es lo que está mal? O bien es un error nuestra teoría de la evolución del Sol o nuestra suposición de que la Tierra era como la de hoy día. La teoría de la evolución solar parece ser buena. Las demás inseguridades que prevalecen no afectan a la cuestión de la inicial luminosidad del Sol.

La más probable resolución de esta aparente paradoja es que en la temprana Tierra algo era diferente. Después de haber estudiado un amplio margen de posibilidades, llego a la conclusión de que lo que era diferente hace dos mil millones de años era la presencia de pequeñas cantidades de amoníaco en la atmósfera de la Tierra. En la actualidad, el amoníaco está presente en Júpiter; es la forma de nitrógeno esperado en primitivas condiciones. Absorbe fuertemente en las longitudes de onda infrarrojas que la Tierra emite al espacio. El amoníaco, en la primitiva Tierra, debió de mantener el calor, aumentando la temperatura de la superficie mediante el efecto invernadero y manteniendo la temperatura global de la Tierra a niveles compatibles tanto con el origen y temprana historia de la vida y como con que el agua líquida fuese abundante en las primeras etapas de la historia del planeta. El amoníaco es uno de los elementos atmosféricos necesarios para los cimientos de la vida. El estudio de la evolución del Sol nos lleva a la información de la historia inicial, composición química y temperatura terrestres, y, por tanto, a las circunstancias de su habitabilidad. La evolución estelar y la biológica están relacionadas.

¿Y qué hay acerca de la futura evolución del Sol? El Sol está aumentando su brillo. Dentro de unos cuatro millones de años a partir de ahora, el Sol será lo suficientemente brillante como para que se dé el efecto de invernadero descontrolado sobre la Tierra, como sucede hoy día en Venus. Nuestros océanos hervirán, y el anhídrido carbónico, hoy presente como carbonatas en las rocas sedimentarias, ascenderá a la atmósfera. La Tierra se habrá convertido en una caldera inhabitable.

Es probable que la tecnología de esos remotos tiempos sea la necesaria para prevenir semejante descontrol, pero sin duda será una tarea de ingeniería extremadamente difícil. Sin embargo, cosa curiosa, el mismo incremento en el brillo y calor del Sol dentro de algunos miles de millones de años hará que Marte sea un lugar donde la temperatura, que en la actualidad es de 47° C bajo cero, goce de temperaturas casi exactamente iguales a las de la Tierra en nuestros días.

Cuando la Tierra sea un lugar inhabitable, Marte disfrutará de un clima agradable y delicioso. Nuestros remotos descendientes, si los hubiere, probablemente deseen aprovechar esta circunstancia.

## 22. Terraformación de los planetas



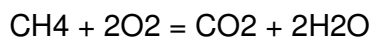
**Fotografía compuesta de Marte, tomada por el *Mariner 9*. Se ven grandes volcanes en el fondo y el casquete polar del Norte. La cantidad de anhídrido carbónico y agua congelada atrapada en el casquete polar, si se liberase en la atmósfera, determinaría probablemente condiciones climáticas muy parecidas a las de la Tierra. Cortesía de la NASA.**

De una manera sutil y profunda, las actividades de la vida afectan al medio ambiente de nuestro planeta. Nuestra atmósfera se compone de un 20 % de oxígeno y un 80 % de nitrógeno. El oxígeno se produce casi por entero mediante la fotosíntesis, o síntesis de los hidratos de carbono realizada por la clorofila bajo la acción de la luz. En forma similar, los más recientes testimonios sugieren que el nitrógeno es casi por completo un producto de la actividad biológica de microorganismos del suelo que convierten los nitratos y el amoníaco en gas  $N_2$  nitrógeno molecular. Las actividades biológicas no sólo controlan íntimamente los principales elementos de nuestra



atmósfera, sino que también regulan a los elementos menores. En medida muy significativa, el anhídrido carbónico está regulado por el mecanismo fotosíntesis-respiración. Aunque sea un elemento menor de la atmósfera de la Tierra, el metano CH<sub>4</sub> es de origen biológico.

De hecho, la vida en la Tierra, invisible en la fotografía, podría detectarse con un pequeño telescopio y un espectrómetro infrarrojo desde Marte. Los marcianos, si existe alguno, podrían observar fácilmente, en longitud de onda de 3,33 μ en el infrarrojo, una característica de fuerte absorción que el análisis directo revelaría ser debido a 1:1.000.000 de metano en la atmósfera terrestre. No sería difícil deducir que el metano es, quizá, de origen biológico. El metano es químicamente inestable en un ambiente con exceso de oxígeno. Se oxida con suma rapidez a anhídrido carbónico:



La cantidad de metano que se equilibraría con el gran exceso de oxígeno en nuestra atmósfera es inferior a mil millones de millones la cantidad realmente observada. ¿Cómo puede ser esto? El metano se puede producir con tanta rapidez que no hay tiempo suficiente para que el oxígeno reduzca su abundancia hasta una cantidad de equilibrio. Podría ser que existiera una masiva efusión de metano en antiguos campos petrolíferos de la Tierra. Pero tal efusión o escape tendría que ser enorme, esta hipótesis es preciso desecharla. Es mucho más probable que el metano se produzca mediante un proceso de carácter biológico.

Indudablemente, éste es el caso. Parece existir controversia en la literatura ecológica sobre dos posibles orígenes de este metano. Una fuente es la bacteria de metano que vive en pantanos y marjales, de aquí el término de «gas de los pantanos», al referirse al metano. El otro origen de la bacteria de metano es el intestino de los ungulados. Hay otra escuela de pensamiento ecológico que cree que se produce más metano mediante la segunda fuente que mediante la primera. Esto significa que la flatulencia bovina, expulsión de gases intestinales de las vacas, elefantes, renos y alces es detectable a distancias interplanetarias, mientras que el conjunto de las actividades humanas resulta invisible. Por supuesto, no consideraríamos la flatulencia del ganado como manifestación dominante de vida en la Tierra, pero ahí está.

Inadvertidamente, sin que de un modo consciente la Humanidad haya realizado algún esfuerzo para ello, la vida en la Tierra ha modificado el medio ambiente en forma muy notable. A través del efecto de la presión y composición atmosférica en el clima, hay un mecanismo de retroalimentación en el que el mismo clima, puede en algún grado ser controlado por las reacciones de intercambio gaseoso en las que participan las formas de vida en la Tierra. En algún modo la vida sobre la Tierra ha terraformado la propia Tierra. En alguna medida esto ha hecho a la Tierra tal y como es.

¿Es posible que, en algún momento del futuro, pudiésemos llegar a «terraformar» otros planetas, convertir a Marte o a Venus, hoy hostiles al hombre, en medio ambiente propicio y habitable? Tal cambio, de ser posible, debiera realizarse tras un examen cuidadoso y responsable de las consecuencias. Primero tendríamos que entender del todo al actual medio ambiente del planeta antes de alterarlo.

Deberíamos garantizar escrupulosamente que no sean destruidos ninguna clase de organismos indígenas del planeta mediante tal «terraformación». Si Marte, por ejemplo, tiene una población de organismos indígenas que se extinguiría mediante la «terraformación», jamás deberíamos llevar a cabo esta última. Pero si el planeta carece de vida, o si los organismos sobreviven mejor en condiciones parecidas a las nuestras, podría ser razonable, en algún momento del futuro, considerar tal alteración de un medio ambiente planetario.

Deben ser muy caros nuestros motivos para esta, digamos, reforma planetaria. No es una solución a un problema de exceso de población. En la Tierra nacen cada día varios centenares de miles de personas. Y, por supuesto, no hay perspectiva alguna en un inmediato futuro de poder trasladar a centenares de miles de seres humanos a otros planetas cada día. En toda la historia de la Humanidad, el hombre sólo ha podido enviar a otro planeta a una docena de personas. Tampoco es muy probable que llegue a existir en un futuro inmediato una industria minera para extraer mineral en otro planeta y trasladarlo luego a la Tierra: el coste del transporte sería prohibitivo. Aun así, el espíritu humano es expansivo; en el interior de muchos de nosotros alienta el urgente deseo de colonizar nuevos medios ambientes. Tales actividades pueden llevarse a cabo sin imperialismo cósmico, sin la arrogancia que caracterizó a la colonización europea del Nuevo Mundo, o sin la liquidación de los indios que efectuaron los blancos para establecerse en el Oeste americano. La colonización interplanetaria puede ser compatible con las más altas aspiraciones y objetivos de la Humanidad.

¿Cómo lo haríamos? En el caso de Venus, como hemos visto en el capítulo 12, hay una atmósfera aplastante, compuesta principalmente por anhídrido carbónico y una superficie cuya temperatura es cercana a los 500° C. Evidentemente, representaría una tarea formidable convertir este medio ambiente en otro en el cual los hombres pudieran vivir y trabajar sin enorme ayuda tecnológica. Pero existe una sola posibilidad de «terraformar» o reformar Venus para equipararlo a la Tierra, posibilidad que sugerí con ciertas reservas en 1961. El método supone que la elevada temperatura de la superficie se produce mediante un efecto de invernadero que requiere anhídrido carbónico y agua, conjetura que hoy día es mucho más plausible que entonces. La idea consiste, simplemente, en sembrar las nubes de Venus con una potente variedad de algas –se sugirió un género llamado *Nostocaceae*– que realizaría la fotosíntesis en la proximidad de las nubes. El anhídrido carbónico y el agua se convertirían en compuestos orgánicos, en su mayor parte en hidrocarburos y oxígeno. Sin embargo, las algas serían transportadas por la circulación atmosférica a niveles más bajos y más calientes en la atmósfera de Venus donde se abrasarían. Un alga, al abrasarse, libera compuestos de carbono simple, carbono y agua a la atmósfera. El contenido de agua de la atmósfera permanece fijo y el resultado evidente es la conversión del anhídrido carbónico en carbono y oxígeno.

El actual efecto de invernadero en Venus se debe principalmente al anhídrido carbónico y al agua. La presión actual sobre Venus es aproximadamente noventa veces superior a la que reina en la superficie de la Tierra. La atmósfera de Venus está compuesta principalmente por anhídrido carbónico. Al convertirse el anhídrido carbónico en carbono y oxígeno, y al combinarse el oxígeno químicamente con la corteza de Venus, se reduciría la presión total, disminuyendo la absorción infrarroja

atmosférica, reduciéndose el efecto de invernadero y descendiendo la temperatura. Por tanto, es posible que la inyección de algas bien desarrolladas en las nubes de Venus, algas capaces de reproducirse a mayor velocidad que su destrucción, con el tiempo convertirían al medio ambiente extremadamente hostil de Venus en otro mucho más agradable para los seres humanos.

La cantidad de vapor de agua que hay en la atmósfera de Venus, si se condensara sobre la superficie del planeta, proporcionaría una capa de agua de aproximadamente 48 cm, no un océano, desde luego, pero sí suficiente para la irrigación y proveer a otras necesidades humanas. También es posible que el agua se consiga entre las rocas del planeta.

Nadie puede calcular si éste es el escenario más idóneo o cuánto tiempo se tardaría en reformar al segundo planeta del Sol. Es perfectamente posible que haya algún fallo o punto débil en la idea. Por ejemplo, la alta temperatura de la superficie puede que no obedezca a un efecto de invernadero, pero creo que esto es poco probable.

En todo caso, creo que «terraformar» a Venus no es empresa imposible. El esquema Nostoc es un ejemplo de cómo la tecnología humana y la ciencia pueden, en períodos de tiempo muy cortos, comparados con el tiempo geológico, reformar y cambiar el medio ambiente de otros planetas.

En cuanto se refiere a Marte, ya hemos visto en el capítulo 18 que hoy día se dispone de pruebas de que en épocas comparativamente recientes las condiciones en aquel planeta fueron mucho más parecidas a las de la Tierra de lo que son hoy. Hemos mencionado la probabilidad de que en los casquetes polares marcianos estén encerradas enormes cantidades de anhídrido carbónico y agua. Gran parte de dichos CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O pueden pasar desde los casquetes polares a la atmósfera dos veces cada ciclo precesional de cincuenta mil años. Los doctores Joseph Burns y Martin Harwit, de la Cornell University, han examinado varios esquemas tecnológicos para provocar condiciones más favorables en Marte dentro de unos centenares de años en lugar de pensar en milenios. Estos esquemas implican alteración de las órbitas de los satélites marcianos o de un cercano asteroide para cambiar el movimiento precesional del planeta, o la instalación de un enorme espejo orbital sobre el casquete polar para fundir el material allí congelado. Sin embargo, aún más fácil sería verter negro de carbono sobre los casquetes, calentar los polos, aumentar la presión atmosférica y calentar el planeta.

Repito que no sabemos si tales esquemas darán resultado, pero no parecen ser extremadamente irrazonables o impracticables. Puede ser que dentro de centenares de años seamos capaces de convertir a Marte en un planeta muy parecido a la Tierra.

La Luna y los asteroides son mucho menos hospitalarios que Marte y Venus. Son mucho menos capaces de retener una atmósfera y no se les puede aplicar los esquemas de reforma que hemos sugerido. Pero incluso en mundos sin aire, el establecimiento de colonias humanas en sus superficies o incluso –en el caso de pequeños asteroides– en su interior, parece ser un posible futuro proyecto para la Humanidad. Tales colonias serían mucho más reducidas que las de un Marte o Venus, reformados, y necesitarían mayor atención en cuanto se refiere a la escasez de recursos.

Estas colonias serían defendibles sólo en el caso de que se encontraran recursos naturales notables, en particular agua congelada o químicamente confinada. En el caso de la superficie de la Luna, las muestras logradas por los astronautas del Apolo demostraron una carencia total de agua. Pero es muy posible que existan grandes almacenamientos de agua en regiones más frías y umbrías, cerca de los polos lunares, o a grandes profundidades bajo la superficie lunar.

Tampoco es improbable que dentro de algunos siglos haya grandes colonias humanas en todas las partes internas del Sistema Solar y en algunos de los mayores satélites de los planetas jovianos. Desde luego, la perspectiva es difícil; las tareas de reforma son inmensas y la necesidad de respetar ecológicamente otros medios ambientes resulta imperativa. El peligro de que se produzca una contaminación biológica en dos direcciones es cosa que también habría que examinar con suma escrupulosidad.

Incluso puede llegar el día en el que se nos pidan cuentas por haber administrado así el Sistema Solar. En consecuencia, nuestra propia época debería considerarse ya como el momento en que primero abandonamos la cuna de nuestra especie y comenzamos, casi a tientas, a explorar y transformar el espacio que nos rodea.

## 23. La exploración y utilización del Sistema Solar



Una carabela espacial. Pintura de Jon Lomberg a partir de un dibujo de Brueghel

A principios del siglo XX, las dos opiniones, la científica y la profana, sostenían que los aviones eran cosa totalmente imposible. El final del siglo, eliminado el fantasma de catástrofes ecológicas o nucleares, probablemente verá a los rusos y americanos realizar expediciones espaciales a otros planetas.

Éste es un siglo en el que se han hecho realidad algunos de los más antiguos sueños del hombre, y en el cual la Humanidad ha creado alas y realizado las aspiraciones de da Vinci y Dédalo. Ahora, máquinas que inhalan aire y transportan hombres circumnavegan nuestro planeta en menos de un día; otras máquinas, rozando sobre la atmósfera, transportan hombres alrededor de nuestro Globo en noventa minutos.

Hay una generación de hombres y mujeres para quienes, en su juventud, los planetas eran puntos de luz situados a distancias inconcebibles, y la Luna era el paradigma de lo inalcanzable. Esos mismos hombres y mujeres, en la mitad del camino de su vida, como dijo Dante, han visto a sus congéneres caminar sobre la superficie de la Luna; en su vejez, probablemente verán hombres vagando por la polvorienta superficie de Marte, efectuando viajes iluminados por la estropeada cara de Fobos. Sólo hay una generación de seres humanos en los diez millones de años de historia de la Humanidad que vivirá tal transición. Esa generación aún vive hoy. También éste es el momento de nuestra historia cuando, por primera vez, se ha explorado la totalidad de nuestro planeta, cuando el tribalismo está desapareciendo, cuando se están organizando grandes agrupaciones estatales multinacionales, cuando los asombrosos progresos tecnológicos en las comunicaciones y transportes están erosionando las diferencias culturales entre los diversos sectores de la Humanidad. Pero la diversidad cultural es la forja de la supervivencia de nuestra civilización, así como la diversidad biológica es el auténtico crisol para la supervivencia de la vida misma.

La Tierra está superpoblada, aunque todavía no en sentido literal: nuestra tecnología es la adecuada para mantener cómodamente una población mucho mayor que nuestros actuales tres mil millones y medio aproximadamente. La Tierra está superpoblada en un sentido psicológico. Para aquella fracción de la Humanidad, ambiciosa e inquieta, que ha señalado nuevos senderos para nuestra especie, no hay nuevos lugares a donde ir. Hay lugares dentro de nosotros mismos, pero éste no es el fuerte de tales individuos. Hay cuencas oceánicas, pero todavía no nos hemos dedicado a explorarlas en serio; y cuando lo hagamos, probablemente será para explotarlas con gran rapidez.

Justamente en esta época de nuestra historia tenemos la posibilidad de explorar y colonizar nuestros mundos vecinos del espacio. Nos ha llegado tal oportunidad no demasiado pronto.

El día 12 de octubre de 1992 se cumplirán quinientos años del descubrimiento del «Nuevo Mundo» por Cristóbal Colón. Creo que, en tales momentos, la Humanidad estará empeñada en una empresa muy parecida a la de Colón. Tendremos muchas ventajas sobre él y sobre los marinos de su época. Sabemos perfectamente a dónde vamos y cómo llegar a nuestro punto de destino. El camino habrá sido examinado por innumerables navíos que han llegado allí mucho antes que nosotros. Los senderos estarán correctamente cartografiados. Habrá peligros, por ejemplo, colisiones con asteroides en los viajes que se hagan al exterior del Sistema Solar, o

fallos de tipo mecánico. Pero no habrá temor a deslizarse por el borde del Mundo como temían los marinos de la época de Colón. Y, muy probablemente, no será un Sistema Solar en el que haya zonas de calmas ecuatoriales y monstruos marinos. Sin embargo, nos sentiremos impulsados por el mismo espíritu de aventura que animó a Colón. Así como el descubrimiento y exploración del Nuevo Mundo ejerció efectos irreversibles y profundos en la civilización europea, la exploración y colonización del Sistema Solar provocará permanentes cambios en la historia y desarrollo de la Humanidad.

En mi opinión, la analogía con los épicos viajes por mar de hace siglos es perfecta. Se dio entonces el conjunto de viajes marítimos realizados por Colón, un italiano (?), al servicio de la Corte española. Nuestro inicial conjunto de exploraciones del Apolo en la Luna fue impulsado, en gran parte, por un grupo de ingenieros alemanes expatriados, a la cabeza de los cuales figuraba Wernher von Braun. Después de los cuatro viajes de Colón hubo una especie de vacío, que duró una década o así, y después se produjo un verdadero estallido de actividades exploratorias realizadas por españoles, ingleses, franceses y holandeses, a bordo de navíos que enarbolaban pabellones diferentes.

El *Apolo 17* señaló el fin de las misiones *Apolo* a la Luna. Parece evidente, al menos en los Estados Unidos, que se producirá un vacío de una década o más antes de que se organicen nuevas exploraciones lunares o se sitúen bases en la Luna. La primera orientación del Apolo nunca fue científica. Se concibió en un momento de dificultades políticas para los Estados Unidos. Algunos historiadores han sugerido que los principales motivos que impulsaron al presidente Kennedy a organizar el programa *Apolo* fueron el desviar la atención pública de la vergonzosa derrota sufrida en la Bahía de Cochinos en el intento de invasión de Cuba. En el programa *Apolo* se invirtieron varias decenas de miles de millones de dólares. Si el objetivo hubiera sido la exploración científica de la Luna, se podía haber efectuado más eficazmente, gastando mucho menos dinero y empleando vehículos no dirigidos por el hombre. Las primeras misiones *Apolo* fueron a lugares de poco interés científico porque la seguridad de los astronautas era la primerísima y única preocupación. Tan sólo hacia el final de la serie *Apolo* desempeñaron un papel significativo las consideraciones de carácter científico.

El programa *Apolo* terminó cuando el primer científico pisó la Luna. Harrison «Jack» Schmitt, geólogo, formado en Harvard, fue uno de los dos hombres que tripularon el módulo lunar del *Apolo 17*. Fue el primer científico que estudió la Luna desde su superficie. Resulta irónico que, cuando el programa *Apolo* había logrado este importante progreso en la exploración científica de la Luna, se cancelara. Por consiguiente, el primer científico que pisó la Luna fue el último hombre en llegar a la Luna, al menos en un previsible futuro. No hay proyectos de ninguna clase o misiones con presencia humana para ir de nuevo a la Luna, ni por parte de los Estados Unidos ni tampoco, que nosotros sepamos, por parte de la Unión Soviética.

Las razones para cancelar el programa *Apolo* fueron de orden económico. Sin embargo, el incremento del coste de una misión dada se hallaba en las muchas decenas de millones de dólares que suponía, algo parecido a una milésima parte del costo total del programa *Apolo*. Igual que si yo, en contra de la opinión de mi esposa, comprara un «Rolls-Royce». Ella opina que un «Volkswagen» puede llevarme

también a cualquier sitio, pero yo tengo la impresión de que un «Rolls-Royce» apartaría de mi mente las preocupaciones de mi trabajo. Entonces gasto tanto dinero en la compra del «Rolls» que cuando le conduzco algún tiempo, descubro que no puedo usarlo más porque no puedo permitirme el lujo de llenar el depósito de gasolina, que es aproximadamente la milésima parte del coste de un «Rolls».

Fui uno de los científicos que se opusieron a una temprana misión Apolo. Pero una vez contamos con la tecnología del Apolo, me convertí en decidido partidario de continuarlo. Creo que por dos veces se tomó una decisión equivocada: la primera vez, por optar por realizar las primeras misiones a la Luna con presencia humana y, más tarde, por abandonar tales misiones. Después del *Apolo 11*, los Estados Unidos se quedaron sin ningún programa con presencia humana o sin ella, para proseguir la exploración de la Luna. La Unión Soviética ha perfeccionado, en sus series Luna de naves espaciales sin presencia humana, una capacidad probada para la exploración de la superficie lunar con regreso automático de muestras a la Tierra.

El ejemplo de la primera exploración del Nuevo Mundo sugiere que el vacío en la labor de investigación espacial será sólo temporal. El ensamblaje del Soyuz y Skylab, las estaciones orbitales de la Unión Soviética y de los Estados Unidos, representan un buen augurio de misiones planetarias en común.

El Sistema Solar es mucho más vasto que la Tierra, pero las velocidades de nuestras naves espaciales son, por supuesto, mayores que las velocidades de las carabelas de los siglos XV y XVI. El viaje de una nave espacial desde la Tierra a la Luna es más rápido que el viaje en galeón desde España a las Islas Canarias. El viaje desde la Tierra a Marte costará el mismo tiempo que el viaje de un velero desde Inglaterra a Norteamérica; el viaje desde la Tierra a las lunas de Júpiter requerirá el mismo tiempo que se invertía en el viaje desde Francia a Siam, en el siglo XVIII. Además, la parte del producto nacional bruto de los Estados Unidos o la Unión Soviética que se invierte en el más costoso programa espacial con presencia humana es exactamente comparable al producto nacional bruto gastado por Inglaterra y Francia en los siglos XVI y XVII en sus aventuras exploratorias realizadas con barcos de vela. ¡En términos económicos y en términos humanos, ya hemos efectuado antes tales viajes!

Creo que veremos bases semipermanentes en la Luna para el año 1980, más o menos. En principio, se les proveerá con material y personal de la Tierra, pero poco a poco irán sustentándose por sí mismas, utilizando recursos lunares. Habrá niños que nazcan en tales colonias. Pensarán en la Tierra como en «la antigua patria», un mundo pasado de moda en muchos sentidos, inmovilista, mucho menos libre que las colonias lunares, a pesar de los rigores y represiones tecnológicos de la vida en la Luna.

En el comparativamente próximo futuro, se explorará todo el Sistema Solar mediante vehículos automáticos sin presencia humana. Creo que para las décadas de los años 80 ó 90 veremos la penetración de sondas en las atmósferas de Júpiter y Saturno y Titán (la luna más grande de Saturno), lugares que están, creo yo, muy lejos de ser los más favorables en el Sistema Solar para la vida indígena. Contemplaremos el paso de pequeñas naves espaciales que aterrizarán en los grandes satélites de Júpiter y Saturno, naves que harán viajes incluso hasta Neptuno y Plutón, y veremos asimismo fuertes naves que se lanzarán hacia el Sol, desde



donde transmitirán datos hasta que se hundan y fundan definitivamente en el Infierno interior de la estrella más cercana.

Sin embargo, el posarse seres humanos en los planetas más cercanos no será tan fácil como se había pensado antes. La superficie de Venus, lejos de ser un Edén, es en realidad, como ya hemos visto, algo muy parecido al Infierno. No podemos imaginar la exploración de la superficie de Venus en las próximas décadas. Venus es un planeta con terribles temperaturas, gases nocivos, y presiones atmosféricas aplastantes. Sin embargo, las nubes de Venus están en un medio ambiente benigno; y una alegre sonda, dirigida por el hombre –algo parecido a un globo del siglo XIX, en la que los astronautas trabajen en mangas de camisa y con máscara de oxígeno– no deja de tener su encanto o su interés científico.

Marte es un planeta muy emocionante, de enorme interés en los campos geológico, meteorológico y biológico. Sería muy deseable llevar a cabo una expedición a Marte con presencia humana. Pero existen dos enormes dificultades. Primera, el coste sería fabuloso. El cálculo más aproximado a la verdad sería el de cien mil o doscientos mil millones de dólares. No puedo llegar a creer que tal gasto sea necesario en las próximas décadas, cuando hay tanta miseria en la Tierra que podría paliarse con ese dinero. Sin embargo, y a largo plazo, digamos que en las primeras décadas del siglo XXI, no creo que tal gasto constituya una dificultad insuperable, en especial porque ya se habrán perfeccionado nuevos sistemas de propulsión y de supervivencia en el espacio.

La segunda dificultad es más sutil. Igualmente puede aplicarse esta dificultad a la operación de recoger automáticamente muestras en Marte y hacerlas volver a la Tierra, como lo ha hecho la Unión Soviética en la Luna. Y éste es el peligro de la «contaminación de regreso». Precisamente a causa de que Marte tiene un medio ambiente de gran interés biológico potencial es posible que en Marte haya gérmenes patógenos, organismos que si se transportan al medio ambiente terrestre podrían provocar enormes daños biológicos, una plaga marciana parecida a lo que relata H. G. Wells en *La guerra de los Mundos*, pero al revés. Éste es un punto extremadamente grave. Por una parte, podemos alegar que los organismos marcianos no pueden provocar graves problemas a los organismos terrestres, porque no ha habido contacto biológico durante cuatro mil millones de años entre ambos organismos. Por otra parte, también podemos alegar que los organismos terrestres no han desarrollado defensas contra unos potenciales gérmenes patógenos marcianos, precisamente por esa falta de contacto antes mencionada. La posibilidad de tal infección puede ser muy pequeña, pero el peligro, si se produjera, sería enorme. Es preciso recordar aquí que el exterminio de las poblaciones nativas de Santo Domingo y Tahití se produjo en los primeros tiempos de las exploraciones mediante navíos a vela. Entre los regalos llevados por Colón al Nuevo Mundo estaba la viruela.

No sirve de nada alegar que las muestras se pueden traer a la Tierra con toda seguridad o a una base situada en la Luna, y así no se correría ningún peligro. La base lunar estará enviando y recibiendo pasajeros terrestres y lo mismo sucederá con una gran estación orbital terrestre. La única lección clara que obtuvimos en nuestra experiencia de aislar las muestras lunares traídas por el Apolo, es que los controladores de la misión no desean arriesgar el seguro malestar de un astronauta

—no importa su muerte— contra la remota posibilidad de una epidemia global. Cuando el *Apolo 11*, primera nave espacial que alunizó con éxito, manejada por el hombre, regresó a la Tierra —era idónea como nave para el espacio, pero no para el mar—, inmediatamente se violó el protocolo de la proyectada cuarentena. Se consideró que era mejor abrir la escotilla del *Apolo 11* al aire del océano Pacífico y, según lo entendimos nosotros, exponer la Tierra a gérmenes patógenos lunares, antes que poner en peligro a tres mareados astronautas. Tan poca atención se prestó a la cuarentena que la grúa del portaaviones que había de alzar a bordo la cápsula cerrada, a última hora, o, mejor, en el último minuto, resultó ser muy poco segura. El éxito del *Apolo 11* se escenificó en el mar abierto.

También existe el irritante peligro del estado latente. Si exponemos los organismos terrestres a los gérmenes patógenos marcianos, ¿cuánto debemos esperar antes de que podamos convencernos de que entendemos perfectamente la relación entre ambos organismos? Por ejemplo, el período latente de la lepra es de una década o algo más. A causa de este peligro de contaminación «de regreso», creo firmemente que los aterrizajes humanos en Marte deben demorarse hasta principios del siglo próximo, tras haberse llevado a cabo todo un concienzudo programa de exobiología y epidemiología terrestre sin presencia humana.

Llego a esta conclusión de mala gana. A mí, personalmente, me agrada tomar parte en la primera expedición del hombre a Marte. Pero primero se necesita llevar a cabo un detallado y cuidadoso programa de exploración biológica en Marte, naturalmente, sin la presencia de los hombres. La probabilidad de que existan gérmenes es sumamente pequeña, pero no podemos poner en peligro a mil millones de vidas. Sin embargo, creo que la gente pisará la superficie marciana muy cerca del comienzo del siglo XXI.

Más allá de eso, hoy día es posible calcular o, más bien, imaginar una más amplia exploración y colonización. Las grandes lunas de Júpiter, y Titán, la luna más grande de Saturno, son mundos principales por derecho propio. Se sabe que Titán tiene una atmósfera mucho más densa que la de Marte. Estas cinco lunas muestran en sus superficies grandes cantidades de hielo. Para hacer estos mundos más habitables, se podrán horadar sus hielos para combustible, para la producción de alimentos y para la generación de atmósferas. Se han sugerido esquemas parecidos para reformar Marte y Venus, y probablemente se perfeccionarán y llevarán a la práctica (véase el capítulo 22). En los dos próximos siglos surgirán posibilidades aún más exóticas, que sin duda alguna estarán al alcance de la capacidad humana. Entre tales posibilidades figuran las de establecer bases en los asteroides y en cometas.

Al cabo de otro siglo aproximadamente, se habrán desarrollado nuevas formas o métodos de propulsión dentro del Sistema Solar. Uno de los más atractivos es el de la navegación solar a vela, el uso de los protones y electrones del viento solar para viajar por el Sistema. Se necesitarán velas enormes para tal empresa, pero pueden ser sumamente finas. Podemos imaginar una nave espacial rodeada por decenas de miles de finas velas doradas, delicada y exquisitamente izadas para recoger el viento solar. Unas remotas estaciones científicas vigilarán las ráfagas o rachas producidas por las llamas solares. Alejarse del Sol será cosa fácil, pero acercarse a él resultará más difícil.

También en el próximo siglo se fabricarán naves que empleen fuerza eléctrica solar y fusión nuclear.

Dentro de dos o tres siglos más, y suponiendo que incluso nuestra capacidad tecnológica no haya progresado mucho, imagino que todo el Sistema Solar ya habrá sido explorado por completo, al menos en la misma medida en que ha sido explorada la Tierra hasta ahora. Más tarde, no hay duda de que se iniciará una reforma de nuestro Sistema Solar más saludable, primero lentamente y después a mayor velocidad, proyectos de reforma con objeto de mover los planetas y disponer sus masas a conveniencia de la Humanidad, de sus descendientes y de sus invenciones.

Por entonces –probablemente antes–, podemos haber entrado ya en contacto con otras civilizaciones avanzadas en la Galaxia. O quizá no. En todo caso, dentro de unos cuantos siglos estaremos, preparados para dar el siguiente paso.

El *Pioneer 10* es la primera sonda interestelar lanzada por la Humanidad. También fue la sonda más rápida lanzada hasta la fecha de su partida. Pero todavía tardará ochenta mil años en llegar a la estrella más cercana. Como el espacio está tan vacío, jamás entrará en otro Sistema Solar. El pequeño mensaje dorado que va a bordo del *Pioneer 10* será leído, pero tan sólo si hay viajeros interestelares capaces de detectar e interceptar al *Pioneer 10*.

Creo que puede suceder esto, pero realizado por viajeros interestelares del planeta Tierra que detendrán y examinarán este viejo artilugio espacial, como si la carabela *La Niña*, con su tripulación comentando las posibilidades de caer por el borde del mundo, fuese interceptada en las islas Azores por el portaaviones *John F. Kennedy*.



Figura humana y campo estelar. Un dibujo de Robert Mcintyre.

## Tercera parte: Mas allá del sistema solar

*Danzar bajo el diamantino cielo  
con una mano libre, saludando...*

**Bob Dylan**

*Mr. Tambourine Man*

## 24. Algunos de mis mejores amigos son delfines



Tres delfines conversando con el autor. Fotografía del autor.

La primera conferencia científica sobre el tema de las comunicaciones con inteligencias extraterrestres fue un pequeño acontecimiento apadrinado por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, en Green Bank, West Virginia. Se celebró en 1961, un año después del Proyecto Ozma, el primer intento (fallido) de escuchar posibles señales de radio procedentes de civilizaciones en planetas de otras estrellas. A continuación se celebraron otras dos reuniones parecidas en la Unión Soviética, patrocinadas por la Academia de Ciencias Soviética. Más tarde, en septiembre de 1971, se celebró una conferencia conjunta ruso-americana sobre la comunicación con inteligencias extraterrestres, en Byurakan, Armenia Soviética (véase capítulo 27). La posibilidad de una comunicación con inteligencias extraterrestres, al menos ahora, es semirrespetable, pero en 1961 se precisaba tener mucho valor para organizar semejante reunión. Hay

que conceder mérito y honores al doctor Otto Struve, director del National Radio Astronomy Observatory, que fue quien organizó la reunión de Green Bank.

Entre los invitados a la reunión figuraban el doctor John Lilly, que entonces pertenecía al Instituto de Investigación de Comunicaciones, de Coral Gables, Florida. Lilly se hallaba allí a causa de su trabajo relacionado con la inteligencia de los delfines y, en particular, con sus esfuerzos por comunicarse con ellos.

Existía la impresión de que este esfuerzo por comunicarse con los delfines –el delfín, probablemente, es otra de las especies inteligentes de nuestro planeta– era comparable, en alguna medida, a la tarea con que nos enfrentamos tratando de ponernos en comunicación con especies inteligentes de otro planeta mediante una comunicación de radio interestelar. Creo que será mucho más fácil comprender los mensajes interestelares, si alguna vez los captamos, que llegar a comprender los mensajes de los delfines (véase capítulo 19), si es que en realidad tales mensajes existen.

La supuesta relación entre los delfines y el espacio la dramaticé yo más tarde en la laguna que hay en el exterior del Vertical Assembly Building, en Cabo Kennedy, cuando esperaba el lanzamiento del *Apolo 17*. Un delfín nadaba pacíficamente de acá para allá, y de vez en cuando saltaba fuera del agua, examinando con curiosidad el iluminado y enorme proyectil Saturno preparado para su lanzamiento al espacio. ¿Quizá observándonos a todos?

Muchos de los participantes en la reunión de Green Bank se conocían mutuamente. Pero Lilly era, para todos nosotros, una nueva entidad. Sus delfines eran fascinantes y resultaba muy atractiva, por supuesto, su posible comunicación con ellos. (La reunión llegó a ser memorable a causa de que durante, su celebración se anunció desde Estocolmo que a uno de los participantes, Melvin Calvin, le habían concedido el premio Nobel de Química.),

Por muchas razones, deseábamos conmemorar la reunión y mantener cierta libre coherencia como grupo. Sintiéndonos enormemente interesados por los relatos que nos hacía Lilly sobre los delfines, nos bautizamos a nosotros mismos como «*La Orden de los Delfines*». Calvin tenía un alfiler de corbata como emblema de la sociedad recientemente fundada. Era una reproducción de una moneda que existe en el museo de Boston, una antigua moneda griega en la que aparece un muchacho sobre un delfín. Serví como una especie de coordinador de correspondencia las pocas veces que se celebró alguna reunión o acontecimiento «*Delfín*», sobre todo durante la elección de nuevos miembros. Al año siguiente, elegimos unos cuantos: entre ellos, a I. S. Shklovskii, Fremman Dyson, y J. B. S. Haldane. Este último me escribió diciéndome que una sociedad que carecía de obligaciones, reuniones, periódicos, o responsabilidades era, precisamente, la sociedad que más apreciaba; prometió ponerse a la altura de los acontecimientos.

Bien, la «*Orden de los Delfines*» es, en la actualidad, una sociedad moribunda. Ha sido remplazada por cierto número de actividades a escala internacional. Sin embargo, para mí, la «*Orden de los Delfines*» tuvo un significado especial: me proporcionó la ocasión de reunirme y charlar con los delfines, e incluso, en cierta medida, hacer amistad con ellos.

Entonces, yo tenía la costumbre de pasar una semana o dos durante el invierno en el Caribe, buceando con equipo de oxígeno y sin él, examinando a los habitantes, no mamíferos, de aquellas aguas. A causa de mis conocimientos y, más tarde, amistad con John Lilly, también pude pasar algunos días con sus delfines, en Coral Gables y en su estación de investigaciones de St. Thomas en las Islas Vírgenes.

Su instituto, ahora desaparecido, realizó, sin duda alguna, una buena labor sobre los delfines, incluyendo la realización de un importante atlas del cerebro del delfín. Aunque aquí exprese ciertas críticas sobre algunos aspectos científicos del trabajo de Lilly, sin embargo, deseo expresar mi admiración hacia cualquier intento serio de estudiar los delfines y en particular hacia los pioneros esfuerzos de Lilly en este terreno. Desde entonces, Lilly se dedicó a otra tarea: la de investigar la mente humana desde su interior, desarrollo de la consciencia, producida por medios farmacológicos y no farmacológicos.

Conocí por vez primera a *Elvar* en el invierno de 1963. La investigación sobre los delfines se había limitado mucho a causa de la sensible piel de estos mamíferos; sólo el desarrollo de tanques de polímeros plásticos permitió una residencia a largo plazo de los delfines en laboratorio. Me sorprendió mucho comprobar que el Instituto de Investigación de Comunicación se hallaba instalado en lo que había sido anteriormente un Banco, y así, casi llego a imaginar un tanque de poliestireno en cada ventanilla de cajero con delfines contando dinero. Antes de presentarme a *Elvar*, Lilly insistió en que me pusiera un impermeable de plástico, a pesar de mis protestas de que no lo consideraba necesario. Entramos en una estancia de regular tamaño. En un rincón había un gran tanque de plástico. Inmediatamente, vi a *Elvar* con la cabeza fuera del agua. Nadó despacio hasta el costado más próximo del tanque, y John, como perfecto anfitrión, dijo:

«*Carl, éste es Elvar; Elvar, éste es Carl.*»

*Elvar* lanzó la cabeza hada delante y, un segundo antes de sumergirse, lanzó un chorro de agua sobre una de mis sienes. Después de todo, era cierto que necesitaba un impermeable. John dijo:

«*Bien, ya veo que comenzáis a entablar amistad.*»

Y, acto seguido, se retiró.

Yo ignoraba totalmente las acciones recíprocas sociales delfín-ser humano; así que me aproximé al tanque con toda la calma e indiferencia que pude adoptar y murmuré algo así como:

«¡Hola, *Elvar!*»

Inmediatamente, *Elvar* giró sobre sí mismo y se puso boca arriba, dejando al descubierto su vientre de color grisáceo. Era como un perro que deseara que le rascaran amorosamente. Así lo hice. Le gustó, o al menos, así lo creí.

Los delfines, con su nariz parecida al cuello de una botella, parecen mostrar eternamente una estereotipada sonrisa como los gerentes de hotel.



Al cabo de un rato, *Elvar* nadó hacia el lado opuesto del tanque y luego regresó, presentándose de nuevo el vientre, pero esta vez asomando a la superficie del agua sólo unos cuantos centímetros. Evidentemente, deseaba que le rascara de nuevo.

La operación me resultaba un tanto dificultosa, ya que debajo del impermeable llevaba camisa, corbata y chaqueta. No deseando mostrarme poco cortés, me quité el impermeable, hice lo mismo con la chaqueta y me subí los puños de la camisa, sin desabrocharlos, un poco más arriba de las muñecas. Luego me puse de nuevo el impermeable, mientras que aseguraba a *Elvar* que volvería a rascarle inmediatamente, cosa que hice a pocos centímetros sobre la superficie del agua. Una vez más, pareció agradaarle. Pasaron unos segundos; el delfín nadó otra vez hacia el extremo más alejado y luego regresó de nuevo, pero esta vez mostrando el vientre unos 30 cm sobre la superficie. Lo cierto era que mi cordialidad estaba agotándose rápidamente, pero también me pareció que *Elvar* y yo estábamos comunicándonos de alguna forma. Así, una vez más, me quité el impermeable, enrollé las mangas de la camisa, me puse de nuevo el impermeable, y atendí a *Elvar*. En la siguiente secuencia *Elvar* apareció asomando el vientre sobre la superficie del agua unos 15 cm, esperando mi masaje. Podría haber extendido una mano para acariciarle, si en aquel momento me hubiera sentido dispuesto a quitarme de nuevo el impermeable, pero la cosa estaba llegando demasiado lejos. Así que permanecimos mirándonos mutuamente –hombre y delfín–, con un metro de agua entre los dos. De repente, *Elvar* saltó sobre el agua hasta que su cola sólo tocó la superficie. Se agitó en el aire y, acto seguido, su garganta lanzó un raro sonido, algo parecido al lamento del pato Donald. Creí, entonces, que *Elvar* acababa de decir:

«¡Más!»

Salí de la estancia; encontré a John entretenido con un equipo electrónico y le anuncié, con cierta emoción, que *Elvar*, al parecer, había gritado:

«¡Más!»

John se mostró lacónico.

–¿Lo dijo en un contexto?

–Sí, creo que sí.

–Bueno, ésa es una de las palabras que conoce.

John creía que *Elvar* había aprendido unas docenas de palabras en inglés. Que yo sepa, hasta ahora ningún ser humano ha aprendido una sola palabra en «delfines». Quizás esto perfila de algún modo la relativa inteligencia de las dos especies.

Desde los tiempos de Plinio, la historia humana ha estado llena de historias sobre una extraña y fraternal relación entre seres humanos y delfines. Existen innumerables relatos que nos hablan de delfines que salvaron a seres humanos a punto de ahogarse, y de delfines que protegieron a seres humanos cuando éstos estaban a punto de ser atacados por otros depredadores marinos. Recientemente, en 1972, se publicó en el *New York Times* que dos delfines habían protegido a una mujer de veintitrés años contra los tiburones que la rodeaban en alta mar. La mujer había naufragado en el Océano Índico y se había visto obligada a nadar durante

unos 40 km antes de alcanzar la costa. Los delfines la habían protegido y escoltado durante todo el tiempo. Los delfines son motivo dominante en el arte de la mayor parte de las antiguas civilizaciones mediterráneas, incluidas la nabatea y la minoica. La moneda griega que Melvin Calvin había duplicado para nosotros es una expresión de esta antigua relación.

Lo que les gusta a los seres humanos de los delfines es evidente. Son animales amistosos y fieles; a veces nos proporcionan comida (algunos delfines han reunido diferentes clases de peces en beneficio de los pescadores), y de vez en cuando nos salvan la vida. Sin embargo, no está muy claro por qué los delfines se sienten atraídos por los seres humanos. Más adelante, en este mismo capítulo, hablaré de lo que nosotros les proporcionamos a ellos, estímulo intelectual y diversión auditiva.

John conocía multitud de anécdotas sobre delfines de primera o segunda mano. Recuerdo en particular tres relatos. En uno, un delfín había sido capturado en alta mar e izado a bordo de una pequeña embarcación para ir a parar a un tanque de plástico, desde el cual comenzó a lanzar una larga serie de diferentes sonidos ante sus captores, sonidos que imitaban silbidos, bufidos, etc.. A veces, gritaba imitando a una gaviota, otras, al silbato de un tren; en fin, todos ellos ruidos de la costa y de tierra firme. El delfín había sido capturado por criaturas terrestres e intentaba charlar como ellas, como era de esperar de un invitado cortés.

Los delfines producen la mayor parte de sus sonidos mediante su orificio de «escape», que produce el chorro de agua en sus primas las ballenas, de las que son ejemplares anatómicos en miniatura.

En otro relato, a un delfín, que había permanecido cautivo durante algún tiempo, se le dejó en libertad y luego fue seguido.

Cuando entró en contacto en alta mar con un grupo de otros delfines, el ex cautivo inició una larga serie de sonidos. ¿Acaso les daba información sobre su cautiverio?

Además de su dispositivo de localización de sonidos —eficaz sistema de sonar submarino—, los delfines emiten una especie de silbido, algo parecido al ruido que producen los goznes resecaos de una puerta cuando ésta se abre, y el ruido que hacen cuando imitan el modo de hablar humano, como en el «¡Más!» de *Elvar*. Son capaces de emitir tonos muy puros, y se sabe que hay parejas de delfines que emiten tonos de la misma frecuencia y fase diferente, de manera que se da el fenómeno de «batido» de onda física. Este sonido de batido es muy divertido. Si los seres humanos pudiesen cantar o emitir tonos puros, estoy seguro de que durante horas nos divertiríamos «batiendo».

Existen pocas dudas sobre el hecho de que los silbidos son ruidos que emplean los delfines para comunicarse entre sí. Oí lo que me pareció eran silbidos suplicantes en St. Thomas, emitidos por un delfín muy joven y macho, llamado Peter, al que habían aislado de dos hembras adolescentes. Los tres se lanzaban mutuamente una larga serie de diferentes silbidos. Cuando los reunieron en un solo tanque, su actividad sexual fue prodigiosa. Entonces casi dejaron de silbar.

La mayor parte de comunicación que he podido escuchar entre delfines pertenece a la variedad de «puerta chirriante», por así decirlo. Los delfines se sienten atraídos

por los seres humanos que producen ruidos parecidos. Por ejemplo, en marzo de 1971, en un estanque de delfines en Hawái, me pasé cuarenta y cinco minutos de animada conversación de «puerta chirriante» con varios delfines, al menos con algunos de los cuales me parecía estar diciendo algo interesante. En «delfinés», puede que fuera una auténtica estupidez, pero lo cierto es que yo atraía su atención.

En otro momento, John me contó lo que hacía con los delfines en la adolescencia y con tendencias sexuales para separar el macho de la hembra durante el fin de semana cuando no habría experimentos. De lo contrario, harían lo que John denominaba con suma delicadeza como «irse de luna de miel», lo que por muy deseable que fuera para los delfines les dejaba en malas condiciones para los experimentos del lunes por la mañana.

Los delfines pasaban de un tanque grande a otro más pequeño a través de una pesada puerta que se deslizaba verticalmente, y así quedaban separados. En una mañana de lunes, John encontró la puerta tal y como debía estar, pero en el tanque grande se hallaban juntos los dos delfines de sexo opuesto. *Elvar* y *Chi-Chi* habían salvado la barrera que los separaba. Se habían ido de luna de miel. El protocolo experimental de John tenía que esperar y John estaba muy enfadado. ¿Quién había olvidado separar a los delfines en la tarde del viernes? Pero todo el mundo recordaba que los delfines habían sido separados y la puerta cerrada adecuadamente.

Como prueba, los experimentadores repitieron la operación. Separaron a *Elvar* y a *Chi-Chi* y cerraron la pesada puerta, a la vez que tenían lugar las normales despedidas del viernes en voz alta, cierre de puertas del edificio con cierta fuerza y ruido de pasos que se alejaban. Pero desde un lugar oculto permanecieron observando a los delfines cuidadosamente. Cuando todo estuvo en silencio, ambos animales se encontraron en la barrera de alambre y se frotaron el morro varias veces emitiendo sonidos de puerta chillona. Entonces *Elvar* empujó la puerta hacia arriba desde una esquina hasta que quedó acuñada. *Chi-Chi*, desde el otro lado, empujó hacia arriba por la esquina opuesta.

Lentamente lograron alzar la puerta. *Elvar* atravesó el umbral nadando para ser recibido por los abrazos («aletazos» no es la palabra más correcta) de su compañera. Luego, según el relato de John, los que se hallaban observándoles anunciaron su presencia mediante silbidos y gritos... hasta que, mostrando cierto embarazo, *Elvar* se alejó nadando hacia la parte que le correspondía del tanque, y los dos delfines hicieron descender la pesada puerta trabajando con el morro desde ambos lados.

Este relato posee carácter humano hasta el punto de que en él se muestra lo que podríamos denominar un tanto de culpabilidad victoriana, que lo creo muy poco probable. Pero hay en los delfines muchas cosas que parecen poco probables.

Quizá yo sea una de las pocas personas que ha recibido una «proposición» de un delfín. El relato necesita volver un poco atrás. Fui a St. Thomas un invierno para nadar y visitar el establecimiento del delfines de Lilly que entonces dirigía Gregory Bateson, un inglés que sentía profundo interés por la antropología, psicología y comportamiento animal y humano. Mientras cenaba con algunos amigos en un restaurante situado en la cima de una montaña entablamos conversación con la

propietaria del restaurante, una joven llamada Margaret. Me describió qué aburridos y poco interesantes eran sus días (sólo trabajaba por las noches en el establecimiento). Aquel mismo día, por la mañana, Bateson me había contado las dificultades que encontraba para poder disponer de ayuda en sus investigaciones del programa «Delfín». Por tanto, no fue difícil presentarles. Muy pronto, Margaret estuvo trabajando con los delfines.

Cuando Bateson dejó St. Thomas, Margaret se convirtió, por el momento, en director de la estación de investigación.

En el curso de su trabajo, Margaret llevó a cabo un notable experimento, que se describe con algún detalle en el libro de Lilly, *La mente del delfín*. Comenzó a vivir casi todo el día muy cerca del estanque donde *Peter*, el delfín, nadaba plácidamente.

El experimento de Margaret tuvo lugar no mucho antes del incidente a que me refiero; estuvo relacionado con la actitud de Peter hacia mí.

Estaba yo nadando, en compañía de *Peter*, en un gran estanque interior. Cuando lanzaba hacia *Peter* la gran pelota de plástico, el delfín buceaba, y luego, con el morro, me la devolvía con absoluta seguridad.

Al cabo de un rato de estar jugando de esta manera, las devoluciones de *Peter* fueron haciéndose más inseguras, obligándome a nadar hacia un lado del estanque y luego hacia otro para alcanzar la pelota. Inmediatamente me di cuenta de que *Peter* había decidido lanzar la pelota a unos 5 ó 6 m de distancia de donde yo me encontrara en tales momentos.

*Peter* había cambiado las reglas del juego.

*Peter* estaba realizando conmigo un experimento psicológico: saber hasta qué extremo llegaría yo para continuar cogiendo trabajosamente la pelota. Era la misma clase de prueba psicológica que *Elvar* había llevado a cabo en nuestro primer encuentro. Tal prueba es una muestra de los vínculos que unen a los delfines con los seres humanos. Somos una de las pocas especies que tienen pretensiones de poseer conocimientos psicológicos; por tanto, también somos una de las pocas que, sin embargo, y aunque sea inadvertidamente, permitimos que los delfines lleven a cabo con nosotros experimentos psicológicos.

Como había ocurrido en mi primera entrevista con *Elvar*, vi lo que estaba sucediendo y decidí que ningún delfín iba a experimentar conmigo psicológicamente. Así pues, retuve la pelota y, simplemente, comencé a nadar de acá para allá. Alrededor de un minuto después, *Peter* nadó con rapidez hacia mí y me rozó con su cuerpo empleando cierta fuerza. Esta vez sentí que algo sobresalía del cuerpo de Peter y que me tocaba suavemente al pasar. Cuando lo hizo por tercera vez, inmediatamente me di cuenta de lo que estaba ocurriendo. No se trataba de una de sus aletas de cola, no... y en el acto me sentí como una de esas tías solteronas a la cual un varón hace una propuesta poco adecuada. Por supuesto, no estaba preparado para cooperar en tal sentido y acudieron a mi mente gran número de frases de disculpa como, por ejemplo: «¿Es que no conoces por ahí a ninguna bonita hembra?» Pero *Peter* continuó mostrándose alegre y sin ofenderse lo más

mínimo por mi falta de respuesta a sus proposiciones. (Es posible que pensara que yo era demasiado estúpido como para entender aquel mensaje suyo.)

*Peter* llevaba algún tiempo separado de las hembras y, en una época no muy lejana, se había pasado muchos días en íntimo contacto, incluyendo el sexual, con Margaret, otro ser humano. No creo que haya ningún vínculo sexual que justifique el afecto que los delfines sienten por los seres humanos, pero el incidente, sin duda, tiene cierto significado. Incluso en lo que nosotros describimos piadosamente con «bestialismo» sólo hay unas pocas especies que, según tengo entendido, son utilizadas por los seres humanos en actividades sexuales; estas especies pertenecen a la clase que los humanos han domesticado.

Me pregunto si algunos delfines albergan el pensamiento de domesticarnos a nosotros.

Las anécdotas sobre delfines siempre son tema de conversación en muchas reuniones de carácter social y también fuente de polémica y discusión. Una de las dificultades que he descubierto en la investigación sobre el lenguaje de los delfines y su inteligencia fue, precisamente, esta fascinación que ejercen las anécdotas; pero lo cierto es que nunca se han llevado a cabo pruebas que sean auténticamente científicas.

Por ejemplo, repetidas veces insistí en que se debía hacer el siguiente experimento: Se introduce al delfín A en un tanque que está equipado con dos audiomicrofonos. Cada hidrófono está unido a un suministrador automático de pescado que puede arrojar sabrosa comida a los delfines. En uno de los micrófonos suena música de Bach y en otro, música de los «Beatles». La música de una u otra clase ha de sonar al azar. Siempre que el delfín A se acerque hasta el micrófono idóneo —supongamos el que está difundiendo música de los «Beatles»— se le recompensa con un pez. Creo que no hay duda de que cualquier delfín, debido a su gran interés, podrá distinguir pronto entre Bach y los «Beatles». Pero ésta no es la parte más importante del experimento. Lo que sí es significativo es el número de ensayos que se hagan antes de que el delfín A se convierta en elemento sofisticado, es decir, que en todo momento sepa que si desea un pez ha de acudir al lugar donde suenan los «Beatles».

A continuación, se separa al delfín A de los micrófonos mediante una barrera de plástico con ancho enrejado. El animal puede ver a través de la barrera, oler y saborear, y, lo más importante, puede oír y «hablar» a través de ella también. Pero no puede atravesarla nadando. Entonces se introduce al delfín B en la zona de los micrófonos. El delfín B es todavía un novato, es decir carece aún de experiencia en lo que concierne a los suministradores automáticos de comida submarinos, a Bach o a los «Beatles». A diferencia de la bien conocida dificultad en hallar «ingenuos» condiscípulos de colegio con quienes efectuar experimentos con la *Canabis sativa*, no debe existir dificultad alguna en encontrar delfines con total falta de experiencia de Bach y «Beatles». El delfín B debe pasar por el mismo método de aprendizaje que pasó el delfín A. Pero ahora, cada vez que el delfín B (al principio al azar) alcanza el éxito, no solamente se le premia con un pez, sino que también se arroja otro pez al delfín A, que en tales momentos está siendo testigo del aprendizaje del delfín B. Si el delfín A tiene hambre, es muy probable que comunique al delfín B lo que sabe sobre Bach y los «Beatles». Si el delfín B está hambriento, prestará

atención a la información que le suministra el delfín A. Por lo tanto la cuestión es: El delfín B, ¿muestra una curva de inteligencia más elevada que la del delfín A? ¿Alcanza el nivel de entendimiento en menos pruebas o en menos tiempo?

Si tales experimentos se repitieran muchas veces y se comprobara que las curvas de aprendizaje del delfín B, fuesen estadísticamente más significativas que las del delfín A, se habría establecido el hecho evidente de que entre ambos delfines se había dado una comunicación de información moderadamente interesante. Podría ser una descripción verbal de la diferencia entre Bach y los «Beatles» en mi opinión, tarea difícil, pero no imposible, o, simplemente, podría ser que sólo se estableciera una distinción entre la izquierda y la derecha en cada prueba hasta que el delfín B la capta. Por supuesto, éste no es el mejor método para probar la comunicación entre dos delfines, pero es típica de una enorme gama de experimentos que se podrían llevar a cabo. La verdad es que lamento mucho que hasta la fecha, que yo sepa, no se haya practicado ninguno de ellos.

El tema de la inteligencia del delfín ha tenido para mí especial importancia en los últimos años, sobre todo cuando se desarrolló el caso de las ballenas jorobadas. En un notable conjunto de experimentos, Roger Payne, de la Rockefeller University, situó hidrófonos a una profundidad de algunas decenas de metros en el Caribe para tratar de grabar los cantos de las ballenas jorobadas, miembro, con los delfines, de la clase taxonómica de los cetáceos. Estas ballenas emiten sonidos sumamente bellos y complejos, que se expanden bajo la superficie del océano a considerable distancia y que, al parecer, son de gran utilidad social dentro y entre las escuelas de ballenas, animales sociales muy gregarios.

El tamaño del cerebro de las ballenas es mucho mayor que el de los seres humanos. Sus cortezas cerebrales presentan circunvoluciones. Por lo menos, son tan sociales como los seres humanos. Los antropólogos creen que el desarrollo de la inteligencia humana depende críticamente de estos tres factores: tamaño del cerebro, circunvoluciones cerebrales, y acción recíproca social entre los individuos. Aquí tenemos una clase de animales en los cuales las tres condiciones que conducen a la inteligencia humana puede ser que se den con creces y, en algunos casos, se rebasen largamente.

Pero como las ballenas y los delfines no tienen manos, tentáculos u otros órganos táctiles, su inteligencia no puede determinarse en términos de tecnología. ¿Qué hay en todo esto? Payne ha grabado ejemplos de canciones muy largas cantadas por la ballena jorobada, hasta el extremo de que algunas de ellas duran hasta media hora o más. Unas cuantas parecen repetirse, virtualmente fonema por fonema; poco después, todo el ciclo de sonidos vuelve a oírse una vez más. Algunas de las canciones se han grabado comercialmente y se pueden conseguir en discos de la CRM Records (SWR-II). Calculo que el número aproximado de bits (véase capítulo 34) de información (preguntas individuales si/no necesarias para caracterizar la canción) en una canción de ballena de media hora de duración, oscila entre un millón y cien millones. A causa de la elevada variación de frecuencia en estas canciones, supuse que la frecuencia es importante en el contenido de la canción, o, dicho de otra manera, que el lenguaje de la ballena es tonal. Si no lo es tanto como sospecho, el número de bits de información en tal canción puede descender por un factor de diez. Ahora, un millón de bits es aproximadamente el número de bits que

contiene *La Odisea* o las *Eddas* de Islandia. (También es improbable que, en las pocas excursiones hidrofónicas realizadas en el terreno de las vocalizaciones cetáceas, se haya grabado la más larga de tales canciones.)

¿Es posible que la inteligencia de los cetáceos se encauce al equivalente de la poesía épica, historia, y elaborados códigos de interacción social? ¿Son las ballenas y los delfines como Homeros humanos antes de la invención de la escritura, relatando grandes hazañas realizadas en años pasados en las profundidades y remotos lugares del mar? ¿Hay una especie de *Moby Dick* al revés, una tragedia desde el punto de vista de una ballena, de un implacable enemigo, de ataques no provocados, por extrañas bestias de madera y metal que surcan los mares cargadas con seres humanos?

Los cetáceos constituyen para nosotros una importante lección. La lección no se centra sobre ballenas y delfines, sino sobre nosotros mismos. Por lo menos, se dispone de pruebas moderadamente convincentes de que hay otra clase de seres inteligentes en la Tierra además de nosotros. Se comportan benignamente y, a veces, hasta nos muestran afecto. Sistemáticamente, les hemos eliminado. Hay un monstruoso y bárbaro comercio con los esqueletos y fluidos vitales de las ballenas. Se extrae el aceite para fabricar lápices de labios, lubricantes industriales, y para otros propósitos, aun cuando esto tenga cierto sentido económico marginal, pues hay lubricantes muy eficaces de otra clase. Pero, ¿por qué hasta hace muy poco tiempo no se alzaron gritos en contra de esta carnicería? ¿Por qué tan poca compasión hacia las ballenas?

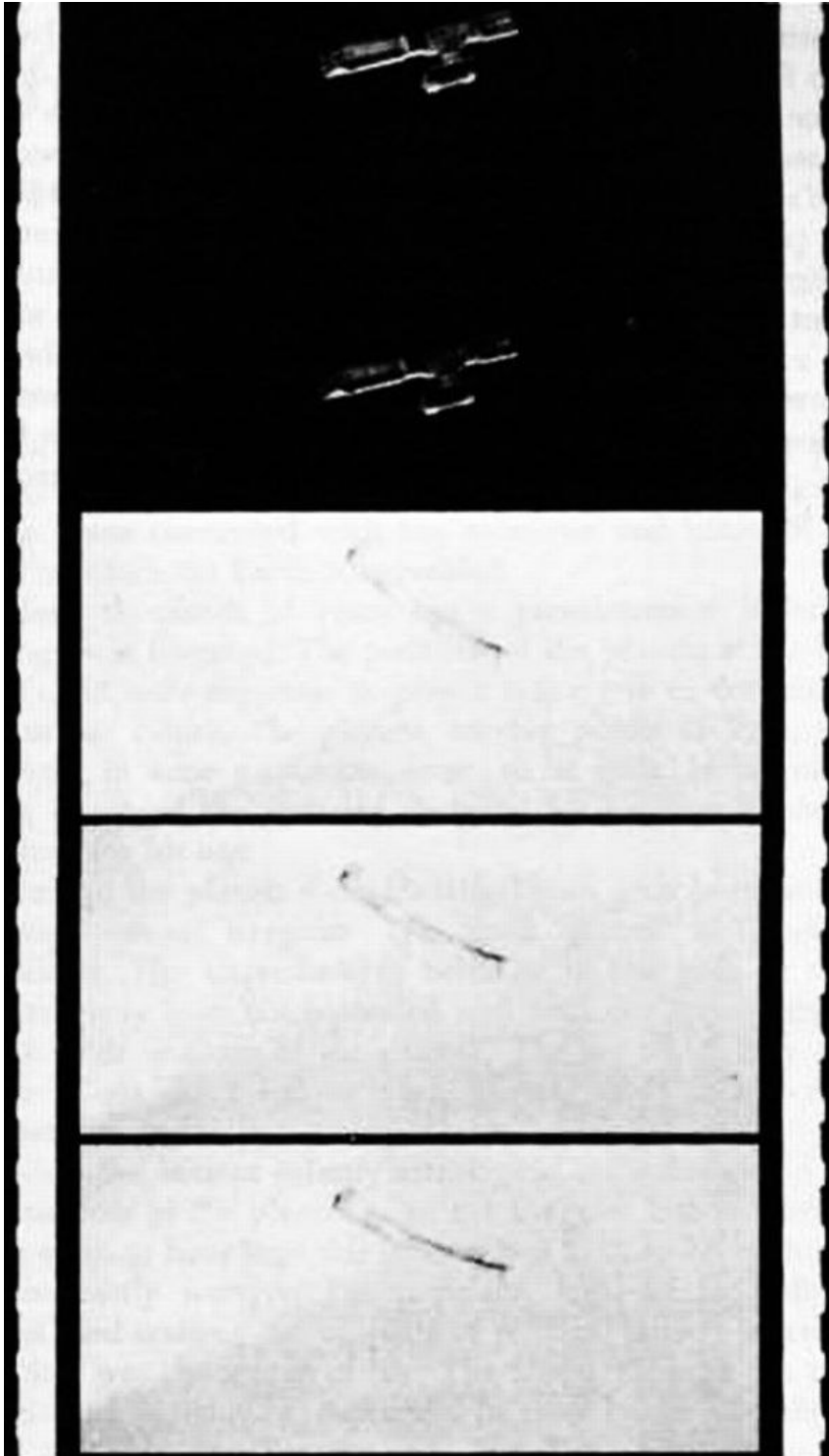
Es evidente que existe muy poco respeto por la vida en la industria ballenera, subrayando una profunda debilidad humana que, sin embargo, no se limita sólo a las ballenas. En la guerra, hombre contra hombre, es corriente que cada bando deshumanice al otro, de manera que no haya ninguno de los naturales recelos o temores que un ser humano siente al matar a otro. Los nazis alcanzaron este objetivo declarando a pueblos enteros *untermenschen*, subhumanos. Entonces estaba permitido, tras semejante clasificación, privar a estos pueblos de sus libertades civiles, esclavizarlos y asesinarlos. El ejemplo de los nazis es el más monstruoso, pero no el más reciente. Podrían citarse muchos otros casos. En cuanto se refiere a los americanos, la encubierta reclasificación de otros pueblos como *untermenschen* ha sido el lubricante de la maquinaria militar y económica desde las tempranas guerras contra los indios americanos hasta nuestras más recientes complicaciones militares, pero herederos de una antigua cultura, donde se les ha descrito y describe como simios, cerdos salvajes, diablos amarillos, ojos oblicuos, etc., es decir, toda una letanía de deshumanización, para que nuestros soldados y aviadores se sintieran más cómodos al liquidarlos.

Esta deshumanización se hace mucho más fácil mediante la guerra automatizada y destrucción aérea de objetivos invisibles. Aumenta la «eficiencia» de la guerra, porque socava nuestras simpatías hacia nuestros congéneres. Si no vemos a quienes matamos, no nos sentimos tan culpables de asesinato. Y si podemos tan fácilmente racionalizar el asesinato de otros seres pertenecientes a nuestra propia especie, ¿no será mucho más difícil sentir respeto hacia individuos inteligentes de diferentes especies?

Es en este punto donde surge el significado fundamental de los delfines en la búsqueda de inteligencia extraterrestre. No es el caso de si estamos emocionalmente preparados, a la larga, para enfrentarnos a un mensaje de las estrellas. Más bien se trata de si podemos desarrollar el sentido de que hay seres con distintas evoluciones, seres que pueden parecer muy diferentes a nosotros, incluso «monstruosos» seres, en resumen, que, sin embargo, son dignos de amistad y respeto, fraternidad, y confianza. Tenemos todavía que llegar muy lejos; aún cuando hay algún indicio de que la comunidad humana se mueve en esta dirección, la pregunta es ¿nos movemos con suficiente rapidez? El contacto más probable con inteligencias extraterrestres será con una sociedad muchísimo más avanzada que la nuestra (capítulo 31). Pero no nos hallaremos en algún momento de un previsible futuro en la posición de los indios americanos o en la de los vietnamitas, barbaridad colonial practicada en nosotros por una civilización más avanzada tecnológicamente, debido a los enormes espacios entre las estrellas, y a lo que yo creo es la neutralidad o bondad de cualquier otra civilización que ha sobrevivido lo suficiente para que nos pongamos en contacto con ella. Ni tampoco la situación será la opuesta: rapiña terrestre contra civilizaciones extraterrestres, pues están demasiado lejos de nosotros y somos relativamente inofensivos. El contacto con otras especies inteligentes pertenecientes a un planeta de otra estrella –especies biológicamente muy diferentes, mucho más que nosotros de los delfines o las ballenas– puede ayudarnos a apartar de nuestros hombros el formidable bagaje de acumulados egoísmos, desde el nacionalismo hasta el chauvinismo humano. Aunque pueda costar mucho tiempo la búsqueda de inteligencia extraterrestre, creo que, por el momento, lo mejor que podemos hacer es iniciar un auténtico programa de rehumanización, entablando lazos de amistad con las ballenas y los delfines.



25. ¡Oiga! ¿Distribución Central? ¡Envíenme veinte extraterrestres!



Secuencia de *2001: Una Odisea espacial*. Ilustración de cubierta del libro original de Signet: *The making of Kubrick's «2001»*.

Mi amigo Arthur C. Clarke tenía un problema. Estaba escribiendo un guión con Stanley Kubrick del libro *Dr. Strangelove*. Se titularía *Viaje más allá de las estrellas* y, al parecer, se le había presentado alguna dificultad en el desarrollo del tema. ¿Podría cenar con ellos en el estudio de Kubrick, en New York, y ayudarles un poco en el problema? (A propósito, el título de la película me pareció un poco extraño. Que yo supiera, no había ningún lugar más allá de las estrellas. Una película que versara sobre un lugar así tendría que ser dos horas de pantalla negra, una posible trama sólo para Andy Warhol. Estaba seguro de que semejante escena no era lo que Kubrick y Clarke pensaban hacer, por supuesto.)

Tras disfrutar de una agradable cena, se planteó el problema de la manera siguiente: Aproximadamente en la mitad de la película, una nave espacial dirigida por el hombre se acerca bien a Júpiter 5, el satélite más interior de Júpiter, o a Japeto, uno de los satélites de mediano tamaño de Saturno. Cuando la nave espacial se aproxima y se hace visible en la pantalla la curvatura del satélite, nos damos cuenta de que el satélite no es una luna natural. Se trata de un artefacto de alguna civilización pujante y muy avanzada. De repente, aparece una abertura en un lado del satélite y, a través de ella, vemos... estrellas. Pero no son realmente lo que hay al otro lado del satélite. Es una parte de firmamento de otro lugar desconocido. Se disparan pequeños cohetes hacia la abertura, pero se pierde el contacto con ellos tan pronto como pasan a través de ella. La abertura es una especie de puerta espacial, un camino para ir desde una parte del Universo a otra, sin tener que recorrer distancia alguna. La nave espacial atraviesa esta especie de puerta y surge en las cercanías de otro sistema estelar, en cuyo firmamento brilla, fulgurante, una estrella gigantesca. Orbitando al gigante rojo, hay un planeta, sin duda asiento de una avanzada civilización tecnológica. La nave espacial se aproxima al planeta, descendiendo sobre él, y luego... ¿qué?

Aunque las escenas con elementos humanos se rodarían en los estudios de Inglaterra, esta parte tan importante del guión –¡el final!– aún no había sido escrita por los dos autores. La tripulación de la nave espacial, o al menos, una parte de ella, iba a establecer contacto con seres extraterrestres. Sí, pero, ¿cómo describir a los extraterrestres? Kubrick sustentaba la opinión de que no fuesen muy diferentes de los seres humanos. La preferencia de Kubrick poseía una ventaja clara y a la vez económica: Llamaría a la Distribución Central y solicitaría veinte extraterrestres. Con un poco de maquillaje, tendría el problema resuelto. Otra alternativa que no fuera ésta resultaría muy costosa.

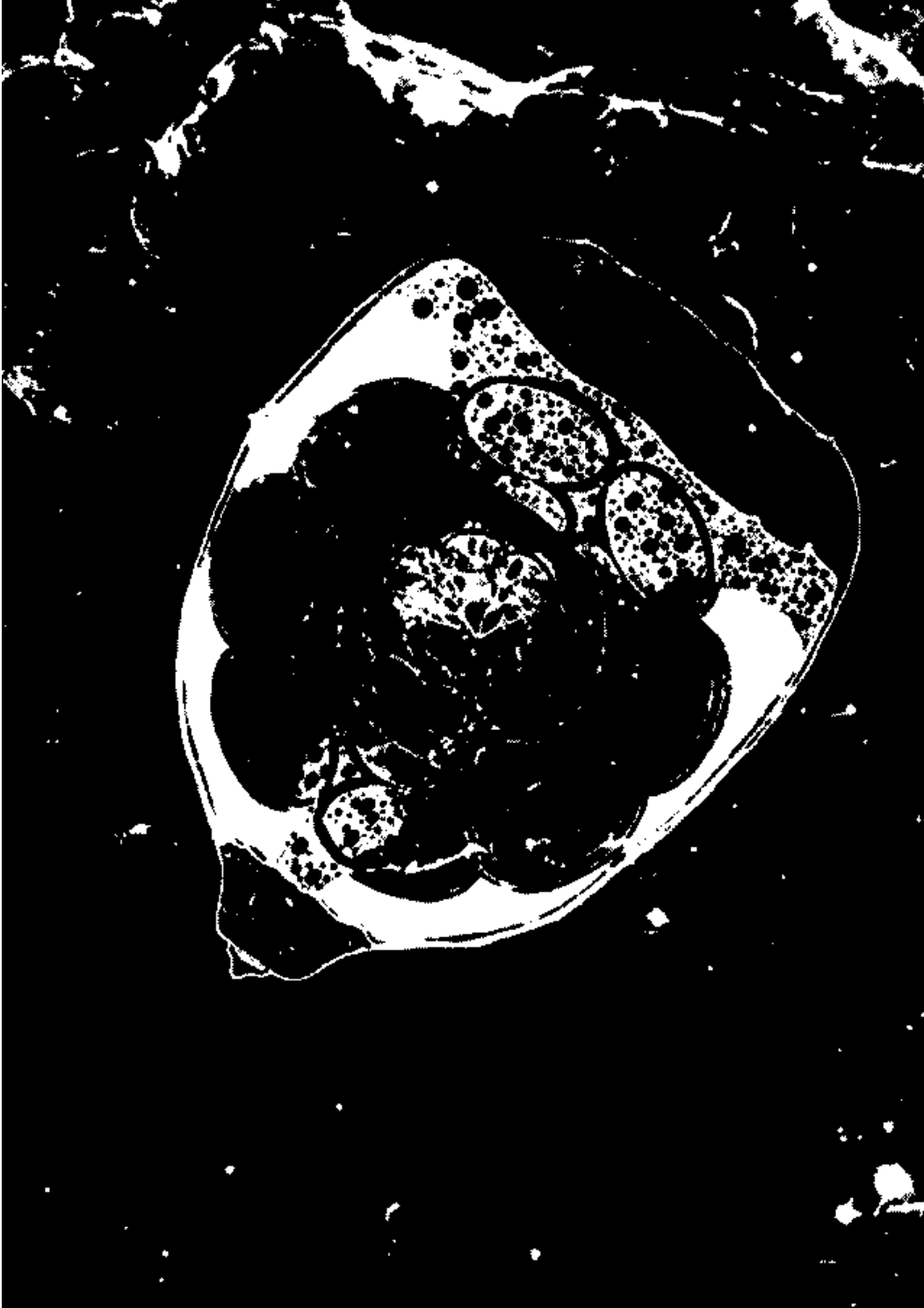
Alegué que era tan grande el número de improbables acontecimientos individuales en la historia de la evolución del hombre, que tampoco era probable existiesen en el Universo seres parecidos a nosotros. Sugerí entonces que cualquier representación explícita de un ser extraterrestre avanzado, sin duda alguna mostraría, al menos, un elemento de falsedad y que la mejor solución sería sugerir a los seres extraterrestres en lugar de retratarlos sui generis.

La película, titulada después *2001: Una odisea espacial*, se estrenó tres años más tarde. En el día del estreno, me alegró ver que había prestado alguna ayuda. Como supimos por el libro de Jerome Agel, *The making of Kubrick's «2001»*, Kubrick experimentó durante el rodaje con muchas representaciones de vida extraterrestre,

incluyendo un bailarín ataviado con un maillot negro y entero con blancas notas musicales de polca. Fotografiado contra un fondo negro, esto podría ser visualmente muy eficaz. Por último, decidió establecer una representación surrealista de la inteligencia extraterrestre. La película desempeñó un importante papel en hacer comprender al hombre de la calle cuál podría ser aproximadamente la perspectiva cósmica. Muchos científicos soviéticos consideran a *2001* como la mejor película americana que han visto. Las ambigüedades extraterrestres no les molestaron ni preocuparon en absoluto.

Durante el rodaje de *2001*, Kubrick, que evidentemente era un hombre preocupado por los detalles, llegó a abrigar temores de que se pudiera descubrir la inteligencia extraterrestre antes de que se explotara comercialmente la película que costaba la friolera de diez millones de dólares, y que, en tal caso, su labor fuera inútil, además de equivocada. Entraron en contacto con el Lloyd's de Londres para subscribir una póliza de seguros para protegerse contra las pérdidas en el caso de que se descubriera inteligencia extraterrestre, pero el Lloyd's de Londres, compañía que asegura las contingencias más increíbles, se negó a subscribir tal póliza. En la década de los sesenta, aún no se había llevado a cabo ningún esfuerzo para buscar inteligencia extraterrestre, y lo cierto es que era muy remota la probabilidad de tropezarse con ella en pocos años o en muchos. Así pues, el Lloyd's de Londres se perdió un buen negocio.

## 26. La conexión cósmica



*Bellota* por Jon Lomberg. Los débiles vestigios de gas brillantes en el fondo son de los restos de una supernova.

Desde los primeros tiempos, los seres humanos han reflexionado sobre el lugar que ocupan en el Universo. Se han preguntado si están conectados de alguna manera con el asombroso e inmenso Cosmos en el que la Tierra está inmersa.

Hace muchos miles de años se inventó una pseudo-ciencia llamada Astrología. Las posiciones de los planetas, al nacer un niño, se creía que desempeñaban un papel importantísimo en determinar su futuro. Los planetas, puntos de luz de eterno parpadear, eran dioses. En su vanidad, el hombre imaginó un Universo diseñado para su propio beneficio y perfectamente organizado para su uso particular.

Quizá se supuso que los planetas eran dioses a causa de sus movimientos irregulares. La palabra «planeta» significa, en griego, vagabundo. El imprevisible comportamiento de los dioses en muchas leyendas puede haber correspondido con los, al parecer, también imprevisibles movimientos de los planetas. Se supone que se razonó así: Los dioses no se sujetan a normas; los planetas no se sujetan a normas; los planetas son dioses.

Cuando la antigua casta sacerdotal astrológica descubrió que el movimiento de los planetas no era irregular, sino previsible, se guardaron la información para sí. No valía la pena preocupar innecesariamente al populacho, socavar sus creencias religiosas y erosionar las bases del poder político. Además, el Sol era la fuente de vida. La Luna, mediante las mareas, dominaba la agricultura, especialmente en las cuencas de ríos como el Indo, el Nilo, el Yangtze, y el Tigris-Eufrates. ¡Cuan razonable era entonces que estas luces menores, los planetas, ejercieran influencia sobre la vida humana, una influencia más sutil, pero no menos eficaz!

La búsqueda de una conexión, el eslabón entre la gente y el Universo, no ha disminuido desde los albores de la astrología. A pesar de los avances de la ciencia, aún persiste tal necesidad.

Ahora sabemos que los planetas son, aproximadamente, mundos como el nuestro. Sabemos también que su luz y gravedad no influyen en absoluto en el nacimiento de un niño. Sabemos que hay enormes cantidades de otros objetos –asteroides, cometas, pulsars, quasars, galaxias explosivas, agujeros negros, etcétera–, objetos desconocidos para los antiguos especuladores que inventaron la astrología. El Universo es muchísimo más grande de lo que pudieron haber imaginado.

La Astrología no ha tratado de mantenerse a la altura de los tiempos. Incluso los cálculos de los movimientos planetarios y posiciones establecidos por la mayor parte de los astrólogos son normalmente inexactos.

Ningún estudio muestra estadísticamente un índice de éxitos significativos al predecir, mediante sus horóscopos, el futuro o los rasgos de la personalidad de los recién nacidos. No hay ningún campo de radioastrología, o astrología por rayos X, o astrología por rayos gamma, que tengan en cuenta las nuevas fuentes astronómicoenergéticas descubiertas en años recientes.

Sin embargo, la Astrología sigue siendo sumamente popular en todas partes. Por lo demás, hay diez veces más astrólogos que astrónomos. Un gran número,

probablemente la mayor parte, de periódicos en los Estados Unidos publican diariamente sus secciones de horóscopos.

Mucha gente joven, gente brillante y socialmente bien situada, siente gran interés por la Astrología. Satisface una necesidad interior de sentirse importantes como seres humanos en un Cosmos inmenso y asombroso, creer que de alguna manera nos relacionamos con el Universo, ideal de muchas experiencias religiosas y con drogas, el *samadhi* de algunas religiones orientales.

Los grandes conocimientos de la astronomía moderna demuestran que, en algunos aspectos muy diferentes a los imaginados por los antiguos astrólogos, estamos conectados con el Universo.

Los primeros científicos y filósofos –Aristóteles, por ejemplo– imaginaron que el cielo estaba hecho de un material diferente al de la Tierra, una especie de substancia celeste, pura e inmaculada. Ahora sabemos que éste no es el caso. Trozos del cinturón de asteroides llamados meteoritos, las muestras de la Luna traídas por los astronautas del Apolo y por las sondas soviéticas, el viento solar y los rayos cósmicos, que probablemente se generan por la explosión de estrellas y sus restos, todos ellos muestran la presencia de los mismos átomos que conocemos aquí, en la Tierra. La espectroscopia astronómica puede determinar la composición química de estrellas situadas a miles de millones de años luz de distancia. Todo el Universo está hecho con material familiar. Los mismos átomos y moléculas se hallan presentes a enormes distancias de la Tierra como lo están dentro de nuestro Sistema Solar.

Estos estudios conducen a una notable conclusión. No solamente el Universo está en todas partes constituido por los mismos átomos, sino que los átomos, hablando en términos generales, están presentes en todas partes y en aproximadamente las mismas proporciones.

Casi toda la substancia de las estrellas y la materia interestelar entre estrellas es hidrógeno y helio, los dos átomos más simples. Todos los demás átomos son impurezas, constituyentes vestigiales. Esto también puede aplicarse a los grandes planetas exteriores de nuestro Sistema Solar, como Júpiter. Pero no es así en cuanto se refiere a los trozos comparativamente pequeños de roca y metal en la parte interior del Sistema Solar, como nuestro planeta Tierra. Esto ocurre porque los pequeños planetas terrestres tienen gravedades demasiado débiles para retener sus atmósferas originales de hidrógeno y helio, atmósferas que gradualmente han escapado al espacio.

Los siguientes átomos más abundantes en el Universo son el oxígeno, carbono, nitrógeno y neón. Todo el Mundo ha oído hablar de estos átomos. ¿Por qué los elementos que más abundan en el plano cósmico son los más razonablemente corrientes en la Tierra, y no, por ejemplo, el Ytrio o el praseodimio?

La teoría de la evolución de las estrellas está lo suficientemente avanzada para que los astrónomos puedan comprender sus diferentes clases y sus relaciones: cómo una estrella nace del gas y polvo interestelares, cómo brilla y se desarrolla mediante reacciones termonucleares en su ardiente interior, y cómo muere. Estas reacciones termonucleares son de la misma clase que las reacciones que fundamentan las

armas nucleares (bombas de hidrógeno): la conversión de, cuatro átomos de hidrógeno en uno de helio.

Pero en las posteriores etapas de la evolución estelar en el interior de las estrellas se alcanzan elevadas temperaturas, y los elementos más pesados que el helio se generan por procesos termonucleares. La astrofísica nuclear indica que los átomos más abundantes, producidos en estas gigantescas estrellas ardientes, son precisamente los átomos que más se encuentran en la Tierra y en cualquier otra parte del Universo. Los átomos pesados, generados en los interiores de los gigantes rojos, son arrojados al medio interestelar mediante un lento reflujó desde la atmósfera de la estrella, como nuestro propio viento solar, o por medio de poderosas explosiones estelares, algunas de las cuales pueden hacer que una estrella brille mil millones de veces más que nuestro Sol.

Un reciente estudio espectroscópico con infrarrojos de estrellas en fusión descubrió que están lanzando al espacio silicatos, polvo de roca arrojado al medio interestelar. Las estrellas de carbono probablemente lanzan partículas de grafito al espacio cósmico que las rodea. Otras estrellas desprenden hielo.

En sus primeras etapas históricas, probablemente algunas estrellas como el Sol lanzaron fuera de sí grandes cantidades de compuestos orgánicos al espacio interestelar; de hecho y mediante el empleo de métodos radioastronómicos, se encuentran moléculas orgánicas simples que parecen rellenar el espacio entre las estrellas. La nebulosa planetaria más brillante que se conoce (una nebulosa planetaria es una nube en expansión, por lo general rodeada por una estrella explosiva llamada nova) parece contener partículas de carbonato de magnesio.

Estos átomos pesados –carbono, nitrógeno, oxígeno, silicio, y demás– flotan en el medio interestelar hasta que en algún momento posterior se da una condensación gravitacional local y se forman un nuevo sol y nuevos planetas. Este sistema solar de segunda generación está enriquecido por elementos pesados.

El destino de los seres humanos puede no estar conectado de una manera profunda con el resto del Universo, pero la materia de que estamos hechos se halla íntimamente ligada a procesos que ocurrieron durante inmensos intervalos de tiempo y enormes distancias en el espacio lejos de nosotros. Nuestro Sol es una estrella de tercera generación. Todo el material rocoso y metálico sobre el cual nos encontramos el hierro de nuestra sangre, el calcio de nuestros dientes, o el carbono de nuestros genes se produjeron hace miles de millones de años en el interior de una gigantesca estrella roja. Estamos hechos de material estelar.

Nuestra conexión molecular y atómica con el resto del Universo es un circuito cósmico real y nada caprichoso o imaginativo.

Al explorar el firmamento que nos rodea con el telescopio y con las naves espaciales, es posible que surjan otros circuitos. Pueden ser una red de civilizaciones extraterrestres intercomunicadas a las que probablemente mañana tengamos que unirnos nosotros. La fallida declaración de la astrología –que las estrellas influyen sobre nuestros caracteres individuales– no será confirmada por la astronomía moderna.

Pero la profunda necesidad humana de buscar y comprender nuestra conexión con el Universo, es un objetivo dentro de nuestro alcance.



## 27. Vida extraterrestre: una idea cuyo momento ha llegado

Hace miles de años, la idea de que los planetas estaban poblados por seres inteligentes resultaba inconcebible. Se pensaba que los propios planetas eran seres inteligentes. Marte era el dios de la guerra. Venus, la diosa de la belleza, y Júpiter, el rey de los dioses.

En los primeros tiempos de Roma, unos pocos escritores, Luciano de Samosata, por ejemplo, concibió que al menos la Luna era un lugar que estaba poblado como la Tierra. Su relato de ciencia-ficción describiendo un viaje a la Luna se tituló *La verdadera historia*. Por supuesto, era falsa.

En el Renacimiento surgió la idea de que los planetas no eran más que un reloj celeste, un reloj elegante, creado por el Señor para asombro y utilidad de los hombres. En 1600, Giordano Bruno fue quemado en la hoguera, en parte por dar publicidad a su teoría de que había otros mundos habitados por otros seres.

En los siglos siguientes, el péndulo apuntó en otra dirección. Escritores como Bernard de Fontenelle, Emmanuel Swedenborg, e incluso Immanuel Kant y Johannes Kepler, pudieron imaginar sin ningún problema de censura que todos los planetas estaban habitados. Por supuesto, en la idea se implicaba que el nombre del planeta prestaba carácter a sus habitantes. Los de Venus eran amorosos; los de Marte, guerreros o militares; los habitantes de Mercurio, inconstantes; los de Júpiter, alegres y joviales; y así sucesivamente. El gran astrónomo británico William Herschel incluso opinó que el Sol estaba habitado.

Pero a medida que el medio ambiente físico del Sistema Solar fue haciéndose más claro, y al hacerse también más evidente la excelente adaptación al medio ambiente de organismos de la Tierra, surgieron los escépticos. Probablemente, Marte y Venus estaban habitados, pero seguramente ni Mercurio, ni la Luna ni Júpiter. Y así sucesivamente.

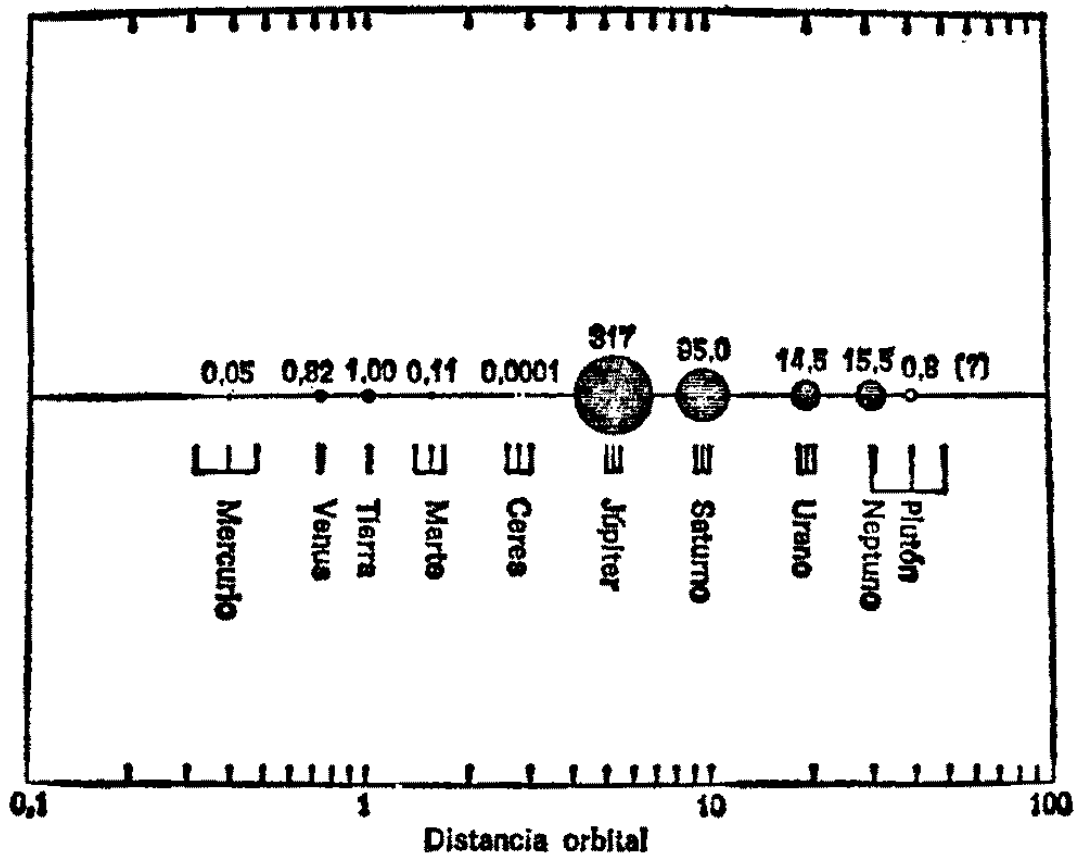
En las últimas décadas del siglo XIX, las observaciones del planeta Marte, realizadas por Giovanni Schiaparelli y Percival Lowell, despertaron la emoción pública ante la posibilidad de la existencia de inteligencia en nuestro planeta vecino planetario. La pasión de Lowell por la idea de que hubiese seres inteligentes en Marte y la amplia difusión de sus libros hicieron mucho por llamar la atención del público, como sucedió con los escritores de ciencia-ficción que siguieron la pauta marcada por Lowell.

Pero cuando las pruebas de la existencia de vida inteligente en Marte se fueron debilitando, y se fue sabiendo que el medio ambiente de Marte era inclemente de acuerdo con las normas terrestres, todo el entusiasmo popular se desvaneció.

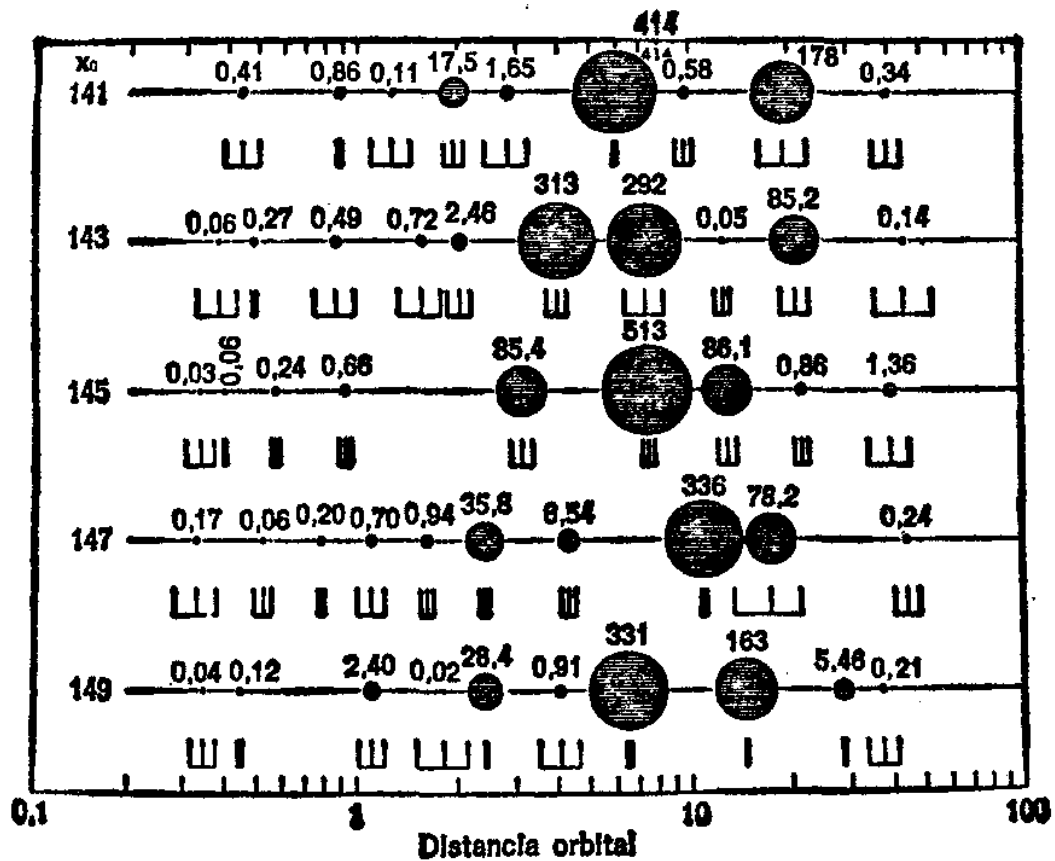
Por entonces, el interés científico por la vida extraterrestre había alcanzado su nadir. El mismo entusiasmo con que Lowell había perseguido la idea de la existencia de seres inteligentes en Marte y la atención que prestaba el hombre de la calle a estas ideas quedaron anuladas por otros muchos científicos. Por añadidura, un nuevo campo astronómico, la astrofísica, la aplicación de la física a las superficies e

interiores de las estrellas, habían logrado extraordinarios éxitos, siendo así que los jóvenes astrónomos más entusiastas se dedicaron al estudio de la astronomía estelar, abandonando, en gran medida, los estudios planetarios. El péndulo había oscilado tan lejos que en el período que siguió a la Segunda Guerra Mundial hubo – en todos los Estados Unidos– sólo un astrónomo dedicado a serias investigaciones físicas de los planetas, G. P. Kuiper, de la Universidad de Chicago. Los astrónomos no sólo habían prescindido de la vida extraterrestre, sino también de los estudios planetarios en general.

Desde 1950, la situación ha vuelto a sus antiguos cauces lentamente; el péndulo oscila de nuevo normalmente. El desarrollo de nuevos instrumentos de medida (subproducto de la Segunda Guerra Mundial), al principio con base en tierra y más tarde en el espacio, ha producido una masiva inyección de nuevos conocimientos básicos sobre los medios ambientes físicos de la Luna y de los planetas. Una vez más, los jóvenes científicos se han sentido atraídos por los estudios planetarios, no tan sólo los astrónomos, sino también los geólogos, químicos, físicos y biólogos. La disciplina los necesita a todos.



El Sistema Solar. Las distancias desde el Sol se muestran tomando como unidad la distancia a la Tierra. Las marcas en tridente son un índice de la excentricidad de una órbita planetaria y muestran las distancias más cercana, promedio, y más lejana al planeta desde el Sol. Las masas de los planetas se expresan tomando como unidad a la masa terrestre. Los planetas jovianos se distinguen de los planetas terrestres por el reticulado.



Cinco sistemas solares modelo, obtenidos por Steven Dole en un experimento computacional sobre la Física de los orígenes de los sistemas solares. Los sistemas de Dole son claramente muy similares a nuestro Sistema Solar. Esta es una de las varias líneas de evidencia que sugieren que los sistemas planetarios son acompañantes habituales de las estrellas a todo lo largo y ancho de la galaxia. Cortesía de ICARUS.

Ahora sabemos que los fundamentos del origen de la vida están en los terrenos de la física y de la química; siempre que se exponen las atmósferas primitivas normales a las fuentes de energía común, los bloques de construcción de la vida en la Tierra caen de la atmósfera en períodos de días o semanas. Se han hallado compuestos orgánicos en los meteoritos y en el espacio interestelar. Se han encontrado pequeñas cantidades en medios ambientes tan poco hospitalarios como el de la Luna. Se sospecha que existen en Júpiter, en los planetas exteriores del Sistema Solar, así como en Titán, la luna más grande de Saturno. Tanto la teoría como la observación sugieren que los planetas son acompañantes habituales, sino constantes, de las estrellas, antes que una muy rara ocurrencia, como estuvo de moda creer en las primeras décadas de este siglo.

Por primera vez disponemos ahora de medios para establecer contacto con civilizaciones en planetas de otras estrellas. Es un hecho asombroso que el gran radiotelescopio de 30 m de diámetro del National Astronomy and Ionosphere Center, dirigido por la Cornell University en Arecibo, Puerto Rico, podría ser capaz de

comunicarse con otro idéntico situado en cualquier lugar de la Vía Láctea. Disponemos de los medios de comunicarnos no sólo venciendo distancias de centenares o miles de años-luz, sino que podemos hacerlo de esa manera en un volumen que contenga centenares de miles de millones de estrellas. La hipótesis de que existen civilizaciones muy avanzadas en otros planetas se está poniendo a prueba. Ya ha dejado de ser pura especulación. Ahora se halla en el terreno de la experimentación.

Nuestro primer intento de escuchar emisiones de sociedades extraterrestres fue el Proyecto Ozma. Organizado por Frank Drake, en 1960 en el National Radio Astronomy Observatory (NRAO) contempló dos estrellas en una frecuencia durante dos semanas. Los resultados fueron negativos. En la actualidad, se han llevado a la práctica proyectos mucho más ambiciosos en el Instituto de Radiofísica Gorki de la Unión Soviética, y en la NRAO, Estados Unidos. En total, probablemente se examinen unos cuantos centenares de cercanas estrellas en una o dos frecuencias. Pero incluso los cálculos más optimistas sobre las distancias a las estrellas más próximas sugieren que habrá que examinar centenares de miles de millones de estrellas antes de que por parte de una de ellas se reciba una señal inteligible. Esto requiere un gran esfuerzo que abarque un substancioso período de tiempo. Pero es un esfuerzo que está dentro de nuestros recursos, nuestras habilidades y nuestros intereses.

El cambio en el clima de opinión acerca de la vida extraterrestre se reflejó en 1971, mediante una conferencia científica celebrada en Biurakán, Armenia soviética, patrocinada conjuntamente por la Academia Soviética de Ciencias y la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos. Tuve el privilegio de asistir a esta reunión con la delegación americana. Los participantes representaban a los campos de la astronomía, física, matemáticas, biología, química, arqueología, antropología, historia, electrónica, tecnología de computadoras y criptografía. El grupo, que incluía a dos escépticos laureados Nobel, aparecía perfectamente marcado por sus límites tanto nacionales como disciplinarios. La conferencia concluyó que las oportunidades o posibilidades de que hubiese vida extraterrestre, además de nuestra capacidad tecnológica actual para poder comunicar con tales supuestas civilizaciones, eran suficientemente razonables como para iniciar una seria investigación. Algunas de las conclusiones específicas a que se llegaron fueron las siguientes:

- 1, Los sorprendentes descubrimientos de años recientes en los campos de la astronomía, biología, ciencia de computadores, y radiofísica han hecho que algunos de los problemas de las civilizaciones extraterrestres y su detección pasen del campo de la especulación al de la experimentación y observación. Por vez primera en la historia humana, es posible llevar a cabo detallados experimentos e investigaciones de este problema tan fundamental e importante.

2. Es probable que este problema tenga profundo significado en el futuro desarrollo de la Humanidad. Si en algún momento se descubre la existencia de civilizaciones extraterrestres, este hecho ejercerá enorme influencia en la capacidad tecnológica y científica humanas, hasta el punto de que tal descubrimiento podrá influir, positivamente, en todo el futuro del hombre. El significado práctico y filosófico de un contacto de éxito con una civilización extraterrestre sería tan enorme como para justificar el hecho de que realicemos ingentes esfuerzos. Las consecuencias de tal

descubrimiento, sin duda alguna, aumentarían de manera notable los conocimientos humanos.

3. Los recursos científicos y tecnológicos de nuestro planeta son ya suficientemente importantes como para permitirnos iniciar investigaciones orientadas hacia la búsqueda de inteligencia extraterrestre. Como norma, tales estudios han de proporcionar importantes resultados científicos, aun cuando la búsqueda específica de inteligencia extraterrestre no consiga éxito alguno. En la actualidad, estas investigaciones pueden llevarse a cabo con eficacia en varios países mediante sus propias instituciones científicas. Sin embargo, incluso en esta primera etapa, sería útil discutir y establecer programas de coordinación en cuanto se refiere a tales investigaciones e intercambiar información científica. En el futuro sería deseable combinar los esfuerzos de los investigadores de varios países para lograr objetivos de observación y experimentación. Consideramos adecuado que la búsqueda de inteligencia extraterrestre deba realizarse por representantes de toda la Humanidad.

4. En la Conferencia se han discutido diversos métodos que han de emplearse en la búsqueda de vida e inteligencia extraterrestre. La realización de la más elaborada de estas propuestas o métodos necesitaría considerable tiempo y esfuerzo y emplear unos medios económicos comparables a los que se dedican a la investigación espacial y nuclear. Sin embargo, también se pueden iniciar investigaciones en escalas más modestas.

5. Los participantes en la Conferencia consideran muy valiosa la investigación y experimentos que se realizan en la actualidad y que deben seguir efectuándose en el futuro en cuanto se relaciona con las naves espaciales, experimentos que han de orientarse hacia la búsqueda de vida en otros planetas de nuestro Sistema Solar. Recomiendan la continuación y esfuerzos en tales áreas como la de la química orgánica prebiológica, búsqueda de sistemas planetarios extrasolares y biología evolucionaría, que tanto se relacionan con el problema.

6. La Conferencia recomienda la iniciación de nuevas investigaciones específicas orientadas hacia modos o métodos de captar señales.

(Todas las actas y procedimientos de la conferencia se han publicado como *Comunicación con inteligencias extraterrestres*, Carl Sagan, Cambridge, Massachusetts, M.I.T. Press, 1973.)

Otra señal de la creciente aceptación de la búsqueda de inteligencia extraterrestre son las recomendaciones de la Comisión Inspectora de Astronomía de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, a la que se había solicitado resumiera las necesidades de la astronomía para la década de los años 70. El informe de la comisión fue el primer informe nacional sobre el futuro de la astronomía que recomendaba la búsqueda de inteligencia extraterrestre, como posible importante subproducto de la investigación astronómica en un futuro próximo y justificación para fabricar grandes radiotelescopios.

Pisando un terreno más práctico, diremos que se están llevando a cabo también intensos estudios de laboratorio sobre los orígenes de la vida en la Tierra. Si el origen de la vida en la Tierra resulta haber sido muy «fácil», entonces también serán muchas las posibilidades de que haya vida en otros lugares del Universo.

Existe asimismo un proyecto en los Estados Unidos —el Proyecto Viking— para situar instrumentos en la superficie de Marte y buscar así formas de vida indígenas de aquel planeta.

Evidentemente, la idea de la vida extraterrestre es algo que, por suerte, preocupa al Mundo entero.

## 28. ¿Ha sido visitada la Tierra?

Por supuesto, la forma más barata y fácil de comunicarse con la Tierra, si usted fuera representante de una civilización extraterrestre avanzada, sería, sin duda, por radio. Un simple mensaje enviado a través del espacio con dirección a la Tierra costaría menos de un penique. Por tanto, parece razonable que en la búsqueda de inteligencia extraterrestre comencemos por investigar esta posibilidad. Pero, ¿hemos de abandonar otras posibilidades? ¿No sería una estupidez dedicar todos nuestros esfuerzos a escuchar mensajes radiados o a buscar señales de vida en Marte cuando aquí, en la Tierra, pueden existir pruebas de una vida extraterrestre?

Existen dos hipótesis de esta clase que han conseguido un puesto en la literatura popular. La primera de ellas sugiere, y a veces asegura, que la Tierra, hoy día, está siendo visitada por naves espaciales de otros mundos; ésta es la hipótesis de los platillos volantes u objetos voladores sin identificar. La segunda también postula que la Tierra fue visitada por este tipo de naves espaciales, pero en el pasado, antes de escribirse la Historia.

La hipótesis de los OVNIS, es decir la primera de las mencionadas, es tema muy complejo y que depende de la fiabilidad de los testigos. Hace unos años se publicó una amplia discusión sobre este problema en *UFO's: Un debate científico* (Carl Sagan y Thornton Page, editores, Ithaca, New York, Cornell University Press, 1972), en el cual se han aireado todos los aspectos del tema. Mi punto de vista personal es que no hay casos que al mismo tiempo sean muy seguros (comunicados independientemente por un gran número de testigos) y muy extraños (no explicables en términos de fenómenos postulados de manera razonable, como, por ejemplo, una extraña luz que se mueve podría ser la de un reflector de un avión meteorológico o la de una operación militar aérea de suministro de combustible). No existen casos, comunicados con absoluta seguridad, sobre extrañas máquinas que aterricen o despeguen, por ejemplo.

Hay otra aproximación a la hipótesis extraterrestre de los orígenes de los OVNIS. Esta valoración depende de un gran número de factores sobre los cuales conocemos muy pocas cosas y, de otros pocos más, acerca de los cuales no sabemos nada. Deseo hacer un cálculo de las probabilidades de que seamos visitados con frecuencia por seres extraterrestres.

Hoy día, se dispone de una gran gama de hipótesis que pueden examinarse de esa forma. Un ejemplo: Consideremos la hipótesis Santa Claus que mantiene que, durante un período de ocho horas o así, el 24-25 de diciembre de cada año, un duendecillo o enano visita cien millones de hogares en los Estados Unidos. Ésta es una hipótesis interesante y ampliamente discutida. Está cargada de fuertes emociones y se dice que por lo menos no hace daño a nadie.

Hagamos algunos cálculos. Supongamos que el duende en cuestión pasa un segundo en cada casa. Bien, sospecho que éste no es el verdadero cuadro que todo el mundo imagina, pero sigamos con el cálculo. Aun mostrándose muy rápido en sus visitas, y esto explicaría por qué hay mucha gente que no lo ve mucho, el duende,

invirtiendo un segundo por casa, tendría que pasar tres años llenando calcetines. He supuesto que no invierte ningún tiempo en ir de casa en casa. Aun contando con el popular reno, el tiempo pasado en cien millones de casas sigue siendo el de tres años y no el de ocho horas. Entonces, hemos de concluir que esta hipótesis es absurda.

Podemos hacer un examen parecido, pero con mayor inseguridad, de la hipótesis extraterrestre que sostiene que un gran número de OVNIS vistos sobre el planeta Tierra son vehículos espaciales procedentes de planetas de otras estrellas. Los informes indican que, al menos en casos recientes, estos fenómenos se han dado a diario, varios por día. No lo discutiré. Me voy a limitar a ser más conservador en este terreno y a suponer que tales visitas se reducen a sólo una por año. Veamos qué es lo que esto implica.

Hemos de tener en cuenta para ello el número,  $N$ , de existentes civilizaciones técnicas en la Galaxia, es decir civilizaciones mucho más avanzadas que la nuestra, civilizaciones que pueden, sea cuales fueren sus medios, llevar a cabo vuelos en el espacio interestelar. (Aunque los medios son difíciles, no forman parte de esta discusión, así como tampoco el mecanismo de propulsión del popular reno no afectó a nuestra discusión de la hipótesis Santa Claus.)

Se ha intentado detallar explícitamente los factores que entran en la determinación del número de tales civilizaciones técnicas de la Galaxia. No expondré aquí qué números se han asignado a las diversas cantidades implicadas: se trata de una multiplicación de muchas probabilidades, y la probabilidad de que podamos hacer un buen juicio disminuye a medida que recorremos la lista.  $N$  depende primero del índice de velocidad a que se formen las estrellas en la Galaxia, número que se conoce razonablemente bien. Depende del número de estrellas que tengan planetas, lo que es menos conocido, pero disponemos de algunos datos sobre esto. Depende de la fracción de tales planetas que estén situados de manera tan adecuada con respecto a su estrella que el medio ambiente sea factible para el origen de la vida. Depende de la fracción de tales posibles planetas en los que el origen de la vida se dé en realidad. Depende de la fracción de aquellos planetas en los cuales se da el origen de la vida y en los que, después que ha surgido la vida, se llega a una forma de vida inteligente. Depende de la fracción de aquellos planetas en los cuales han surgido formas inteligentes que implican la existencia de una civilización técnica substancialmente mucho más avanzada que la nuestra. Y depende de la esperanza o promedio de vida de tal civilización técnica.

Está claro que agotaremos los ejemplos a medida que avancemos cada vez más lejos. Tenemos muchas estrellas, pero sólo un ejemplo del origen de vida y únicamente un número muy limitado –algunos dirían que uno– de casos o ejemplos de la evolución de seres inteligentes y civilizaciones técnicas en este planeta. Y no tenemos casos mediante los cuales poder juzgar cuál será el promedio de vida de una civilización técnica. Sin embargo, hay un pasatiempo al que algunos de nosotros hemos dedicado algunos ratos, realizando nuestros mejores cálculos sobre estos números y obteniendo un valor de  $N$ . El resultado es que  $N$  iguala en años aproximadamente a una décima parte del promedio de vida de una civilización técnica.



Si pensamos en un número como el de diez millones ( $10^7$ ) de años para el promedio de vida de una avanzada civilización técnica, obtendremos un número para tales civilizaciones en la Galaxia de cerca de un millón ( $10^6$ ), es decir un millón de otras estrellas con planetas en los cuales hoy existen civilizaciones avanzadas. Realmente es difícil hacer un cálculo exacto. La elección de diez millones de años para el promedio de vida de una civilización técnica es más bien optimista. Pero aceptemos estos optimistas números y veamos a dónde nos llevan.

Supongamos que cada uno de estos millones de civilizaciones técnicas lanza  $Q$  vehículos espaciales interestelares en un año, de manera que  $10^6 Q$  vehículos espaciales interestelares se lanzan durante el año. Supongamos que sólo se establece un contacto por cada viaje. En situación estable, hay algo así como  $10^6 Q$  llegadas a uno u otro lugar por año. Ahora bien, seguramente hay unos  $10^{10}$  lugares interesantes en la Galaxia dignos de ser visitados (nosotros tenemos varias veces  $10^{11}$  estrellas) y, por lo tanto un término medio de  $1/10^4 = 10^{-4}$  llegadas a cualquier lugar interesante (digamos un planeta) por año. Así pues, si tan sólo un OVNI ha de visitar la Tierra cada año, podemos calcular cuál es el índice de lanzamientos que precisa realizar cada uno de estos millones de mundos. El número resultante es de diez mil lanzamientos por año y por civilización y diez mil millones de lanzamientos por año en la Galaxia. Esto parece excesivo. Aun cuando imaginemos una civilización mucho más avanzada que la nuestra, el hecho de lanzar diez mil vehículos para que tan sólo aparezca aquí uno, probablemente es pedir mucho. Y si fuésemos más pesimistas acerca del promedio de vida de una civilización técnica, necesitaríamos proporcionalmente un índice mucho mayor de lanzamiento al espacio interestelar. Pero a medida que disminuye el promedio de vida, la probabilidad de que una civilización desarrolle vuelos interestelares también se reduce, como es lógico.

El físico americano Hong-Yee Chiu razona que es posible que llegue más de un OVNI por año a la Tierra. Pero su argumento sigue la misma línea del que acabo de presentar yo. Dicho físico calcula la masa total de metales que implica la construcción de estos vehículos espaciales durante esta historia de la Galaxia. El vehículo ha de tener algún tamaño –digamos que ha de ser mayor que la cápsula del Apolo–, y así podemos calcular cuánto metal se necesita. Resulta que habría que procesar la masa total de medio millón de estrellas y extraer todos sus metales. O si ampliamos el argumento y suponemos que únicamente se pueden someter a esta extracción minera las estrellas exteriores que se hallan a unos centenares de kilómetros aproximadamente de estrellas como el Sol, extracciones que habría que realizar mediante una tecnología superavanzada (más cerca del Sol sería imposible), hallamos que han de procesarse dos mil millones de tales estrellas o aproximadamente el 1 % de las estrellas de la Galaxia. Esto también suena a improbable.

Ahora bien, cualquiera puede alegar: «Bien, pero ése es un razonamiento un tanto discutible, porque es posible que dispongan de naves espaciales de plástico.» Sí, supongo que eso es posible. Pero el plástico ha de venir de algún sitio, y así el plástico contra metal cambia las conclusiones muy poco. Este cálculo nos proporciona cierta idea acerca de la magnitud de la tarea cuando se nos pide que creamos que hay visitas rutinarias y frecuentes a nuestro planeta.

¿Y qué hay sobre los posibles argumentos en contra? Por ejemplo, se podría alegar que somos objeto de especial atención, pues hemos perfeccionado toda clase de muestras de civilización y de alta inteligencia como las armas nucleares, y puede ser, por tanto, que seamos objeto de interés para los antropólogos interestelares. Quizá. Pero hemos señalado la presencia de nuestra civilización técnica sólo en las últimas décadas. Las noticias precisan recorrer algunas decenas de años-luz. Por otra parte, todos los antropólogos del mundo no convergen en las Islas Andaman sólo porque allí se haya inventado la red de pescar. Hay unos pocos especialistas en redes de pesca y unos pocos especialistas andamianos; y estos tipos dicen: «Bien, algo terrible está sucediendo en las Islas Andaman. Tengo que pasarme allí un año, porque, si no voy ahora, me lo perderé, lo pasaré por alto.» Pero los expertos en alfarería y los especialistas en los aborígenes de Australia no hacen las maletas y parten para el océano Índico.

Imaginar que hay algo por completo fascinante en lo que está ocurriendo aquí es precisamente contrario a la idea de que estamos rodeados por otras civilizaciones. Porque si esto último es cierto, nuestro tipo de civilización debe ser muy común. Y sino somos muy comunes, entonces es que no habrá muchas civilizaciones avanzadas o, al menos, lo suficientemente avanzadas como para enviar visitantes.

Aun así, ¿no es posible que sea cierta o acertada la segunda hipótesis OVNI: de que en épocas prehistóricas o aún más recientes un vehículo espacial aterrizó en la Tierra? No hay manera de que podamos excluir tal contingencia. ¿Cómo podríamos probarla?

Recientemente se han publicado muchos libros que pretenden demostrar la realidad de tales visitas. Los argumentos son de dos clases: leyenda y artefactos. Mencioné este tema en el libro *Vida Inteligente en el Universo*, escrito con el astrofísico soviético I. S. Shklovskii, y publicado en 1966. Examiné una sugestiva y típica leyenda de contactos entre nuestros antepasados y un, al parecer, representante de una sociedad superior. La leyenda, tomada de la más antigua mitología sumeria, es importante, porque los sumerios son los antecedentes directos de nuestra propia civilización. Se supone que un ser superior enseñó a los sumerios matemáticas, astronomía, agricultura, organización política y social y lenguaje escrito, todas las artes necesarias a la transición de una sociedad cazadora a la primera civilización.

Pero por muy provocativas que fueran estas leyendas, concluí que era imposible demostrar contactos extraterrestres a juzgar por tales leyendas. Hay alternativas plausibles en su explicación. Podemos entender por qué los sacerdotes pudieron fabricar mitos sobre seres superiores que habitan los cielos y orientan a los seres humanos sobre cómo ordenar sus asuntos. Entre otras «ventajas», tales leyendas permiten a los sacerdotes controlar a la gente.

Sólo hay una clase de leyenda que podría ser convincente: cuando la información que contiene la leyenda no pudo ser generada por la civilización que creó la leyenda –si, por ejemplo, un número transmitido desde hace miles de años como sagrado resulta ser el constante de la estructura nuclear. Éste sería un caso que merecería toda consideración.

Otro caso convincente sería, por ejemplo, cierta clase de artefacto. Si se hallara un artefacto perteneciente a una antigua civilización cuya tecnología estuviese más allá

de los conocimientos que privan en la actualidad en tal campo, entonces tendríamos un interesante caso *prima facie* de visita extraterrestre. Otro ejemplo sería la existencia de un manuscrito, encontrado en un monasterio irlandés que contuviese el diagrama del circuito electrónico para un receptor de radio superheterodino. Habría que tener sumo cuidado sobre la procedencia de este artefacto, al igual que los coleccionistas muestran sumo cuidado con un recién descubierto cuadro de Rafael. Tendríamos que asegurarnos de que ningún pícaro irlandés contemporáneo fuese la fuente del diagrama del circuito.

Que yo sepa, no hay tales leyendas ni tales artefactos. Por ejemplo, todos los artefactos antiguos mencionados por Erik von Daniken en su libro *¿Carrozas de los dioses?* tienen explicaciones alternativas y meritorias. La representación de seres con cabezas grandes y alargadas, que se parecen a cascos espaciales, podrían muy bien ser versiones artísticas de unas máscaras ceremoniales que cubren la cabeza normal o expresiones de una excesiva hidrocefalia. De hecho, la esperanza o, más bien, suposición de que los astronautas extraterrestres se parezcan a los astronautas soviéticos o americanos, desde los trajes espaciales hasta los ojos, es, probablemente, tan absurda como la idea misma de la visita a la Tierra. Del mismo modo, la idea expresada por Von Daniken y otros de que los antiguos astronautas construyeron campos de aviación, emplearon cohetes, e hicieron estallar bombas nucleares en la Tierra es absurda en extremo, porque precisamente somos nosotros quienes hemos desarrollado esta tecnología. Un visitante del espacio no se hallaría tan cerca de nosotros en tales terrenos. Es como si en 1870 hubiésemos expresado la misma idea, pero diciendo que los extraterrestres emplean globos de aire caliente para su exploración del espacio. Lejos de ser demasiado audaces, lo que expresan tales ideas es una total falta de imaginación.

Por otra parte, los relatos populares que hablan de supuestos contactos con extraterrestres son en extremo chauvinistas.

Un autor americano llamado Richard Shaver alega qué las rocas ordinarias, cortadas en finas rebanadas, contienen un conjunto de fotografías dejadas por una antigua civilización, fotografías que se pueden montar para proyectarlas como una película. Y añade: elegir cualquier roca y cortarla en rebanadas.

En el altiplano de Nazca, Perú, hay una serie de gigantescas figuras geométricas. Estando entre ellas son difíciles de ver, pero aparecen muy claras cuando se las observa desde el aire. Es fácil comprobar cómo una antigua civilización humana pudo hacer tales figuras. Pero, ¿por qué? –nos preguntamos–, ¿por qué una civilización extraterrestre había de llevar a cabo semejantes construcciones o figuras? Si las gentes en aquella época creían en la existencia de dioses en el cielo, no tiene nada de particular imaginarles haciendo estas marcas gigantescas para comunicarse así con dichos dioses. Las marcas y figuras pueden ser una especie de oración gráfica. Pero no demuestran, necesariamente, la realidad del supuesto receptor de la oración.

Hay otros casos que parecen ser convincentes en un principio, como, por ejemplo, la existencia de un cubo de acero perfectamente fresado, que se dice está en el museo de Salzburgo y que fue hallado en estratos geológicos que tenían millones de años de antigüedad. O la recepción de señales de llamada por televisión emitidas desde el espacio durante tres años.

Estos casos son seguramente burdas mentiras.

Asimismo, hay circunstancias arqueológicas igualmente provocativas que los escritores de tales libros sensacionalistas han pasado por alto. Por ejemplo, en el friso de la gran pirámide azteca de San Juan Teotihuacán, fuera de la ciudad de México, hay una figura que se repite y que se describe como el dios de la lluvia, pero que se parece enormemente a un vehículo anfibio con cuatro faros. Ni por un momento creo que tales vehículos anfibios fuesen indígenas en el tiempo de los aztecas, entre otras razones, porque semejantes artefactos están muy cerca de lo que nosotros hemos creado hoy.



**El dios de la lluvia, en el friso del Templo del Sol, en San Juan Teotihuacán, México. Fotografía por el autor.**

Estos artefactos son, en realidad, pruebas psicológicas proyectivas. La gente puede ver en ellos lo que desee. No hay nada que impida a alguien ver a su alrededor señales o muestras de antiguas visitas de seres extraterrestres. Para una persona con mentalidad medianamente escéptica tales pruebas le resultarán siempre muy poco convincentes. Como el significado e importancia de tal descubrimiento serían enormes, debemos emplear un gran razonamiento crítico y adoptar posturas muy escépticas al tratar el tema. Los datos de que disponemos al respecto son incapaces de pasar por el fino tamiz de un detallado examen; en consecuencia, hemos de seguir mostrándonos algo más que escépticos, si es que nos sentimos realmente interesados por la llamada inteligencia extraterrestre.

## 29. Estrategia en la búsqueda de la inteligencia extraterrestre



Gran radiotelescopio de la Cornell University en Arecibo, Puerto Rico. Cortesía del National Astronomy and Ionosphere Center.

Supongamos que concertamos una reunión en cualquier lugar de la ciudad de New York con un extraño que no conocemos y sobre el que nada sabemos, cita más bien absurda, pero que será útil a nuestros propósitos. Le estamos buscando y él nos está buscando a nosotros. ¿Cuál es nuestra estrategia de búsqueda? Probablemente, no permaneceremos durante una semana en la esquina de la Calle

78 y Madison Avenue. En lugar de hacer esto, recordaríamos que en la ciudad de New York hay un cierto número de lugares famosos, tan bien conocidos para tal individuo como para nosotros. Entonces comenzaríamos a estudiar estos lugares: Estatua de la Libertad, Empire State Building, Grand Central Station, Radio City Music Hall, Lincoln Center, edificio de las Naciones Unidas, Times Square y, posiblemente, City Hall. Incluso podríamos examinar algunas otras posibilidades menores, como el Yankee Stadium, la entrada de Manhattan al Staten Island Ferry. Pero no hay un número Infinito de posibilidades. No hay millones de posibilidades, porque sólo hay una docena, y con tiempo podremos estudiarlas todas.

La situación es la misma en cuanto se refiere a la estrategia de búsqueda mediante una comunicación de radio interestelar. En ausencia de un anterior o primer contacto, ¿cómo sabemos por dónde empezar? ¿Cómo sabemos qué frecuencia o «estación» buscar?

Hay por lo menos millones de posibles bandas de frecuencia de radio. Pero una civilización interesada en comunicar con nosotros comparte también con nosotros conocimientos comunes sobre radioastronomía y sobre nuestra Galaxia. Por ejemplo, saben que el átomo más abundante en el Universo, el hidrógeno, emite característicamente en una frecuencia de 1,420 megahertzios. Saben que lo sabemos. Saben que sabemos que lo saben. Y así sucesivamente. Hay otras moléculas interestelares abundantes, como el agua o el amoníaco, que tienen sus propias frecuencias de emisión y absorción. Algunas de éstas se hallan en una región del espectro de radio galáctico, donde hay menos ruidos de fondo que en otras. Ésta también es una información que pudiéramos calificar de compartida. Los estudiosos de este problema han confeccionado una lista de una docena de posibles frecuencias que parece deben examinarse. Incluso se concibe que la vida basada en el agua comunique en frecuencia de agua, la vida basada en el amoníaco en frecuencias de amoníaco, y así sucesivamente.

Al parecer, existen posibilidades de que las civilizaciones extraterrestres avanzadas estén enviando señales de radio hacia nosotros, y que nosotros poseamos la tecnología adecuada para recibir tales señales. ¿Cómo habría de organizarse la búsqueda de estas señales? Los actuales radiotelescopios, incluso los más pequeños, deberían ser adecuados para llevar a cabo una búsqueda preliminar. En efecto, las investigaciones que en este campo se llevan a cabo en el Instituto de Radiofísica Gorki, de la Unión Soviética, requieren el empleo de telescopios e instrumental que son bastante modestos si los juzgamos con arreglo a los standards contemporáneos.

El muy capaz y competente presidente de la Academia de Ciencias Soviéticas, M. V. Keldish, una vez dijo, guiñándome el ojo que «cuando se descubra la inteligencia extraterrestre llegará a ser un importante problema científico». Uno de los primeros físicos americanos discutió conmigo que el mejor método para buscar inteligencia extraterrestre es «hacer» astronomía ordinaria; si se ha de realizar el descubrimiento, se hará sin ninguna complicación y cuando menos se espere. Pero me parece que podemos hacer algo para ayudar al éxito de tal búsqueda, y que el hecho de colaborar con la radioastronomía no es lo mismo que buscar explícitamente ciertas estrellas, frecuencias, intervalos de frecuencias, y constantes de tiempo, todo ello orientado al encuentro de la inteligencia extraterrestre.

Pero, para ello, es necesario investigar enormes cantidades de estrellas y muchas posibles frecuencias. Sin duda alguna, sería muy largo un programa basado en una búsqueda razonable. Y, por otra parte; nadie duda de que esta última, realizada durante todo el tiempo con un gran telescopio, duraría décadas, por lo menos. Los observadores de radio, en tal empresa, por muy entusiastas que se mostraran en la búsqueda de inteligencia extraterrestre, terminarían por aburrirse tras muchos años de inútil labor. Un radioastrónomo, al igual que otros científicos, está interesado en trabajar sobre problemas que muestren posibilidades de inmediatos resultados.

La estrategia ideal implicaría un gran telescopio que dedicara la mitad del tiempo al descubrimiento de inteligencia extraterrestre, y la otra mitad, al estudio de objetivos radioastronómicos más convencionales, como los planetas, pulsars, moléculas interestelares, etc.. La dificultad en usar varios de los actuales observadores de radio, digamos que cada uno de ellos el 1 % de su tiempo, está en que dichas actividades tendrían que llevarse a cabo durante muchos siglos para alcanzar una razonable probabilidad de éxito.

Así pues, habría que examinar una amplia variedad de objetos: estrellas tipo G, como la nuestra; estrellas tipo M, que son más antiguas, y objetos extraños o exóticos, que pueden ser agujeros negros o posibles manifestaciones de actividades de reformas astrales. El número de estrellas y otros objetos de nuestra propia Vía Láctea es de unos doscientos mil millones, y el número que debemos examinar para conseguir cierta probabilidad de descubrir tales señales parece ser, al menos, de millones.

Hay una estrategia alternativa para buscar penosamente cada millón de estrellas y descubrir señales de una civilización no mucho más avanzada que la nuestra. Podríamos examinar toda una galaxia muy pronto, buscando también señales de una civilización mucho más avanzada que la nuestra (véanse capítulos 34 y 35). Un pequeño radiotelescopio puede orientarse hacia la más cercana galaxia espiral, hacia la que esté más cerca de la nuestra, la gran galaxia M31 en la constelación de Andrómeda, y simultáneamente, observar doscientos mil millones de estrellas. Aun cuando muchas de estas estrellas estuvieran radiando con una tecnología ligeramente superior a la nuestra, no captaríamos sus señales. Pero si solamente unas pocas radian con la potencia de una civilización muy avanzada, podríamos detectarlas fácilmente. Además de examinar las estrellas cercanas que nos aventajan muy ligeramente en tecnología, parece que tiene sentido, por lo tanto, examinar al mismo tiempo muchas estrellas de las galaxias vecinas, ya que tan sólo unas pocas de ellas pueden estar habitadas por civilizaciones muchísimo más avanzadas que la nuestra.

Hasta ahora hemos estado describiendo la búsqueda de señales radiadas en nuestra dirección general por civilizaciones interesadas en comunicarse con nosotros. Pero los terrestres no estamos radiando señales con dirección a alguna estrella o estrellas específicas. Si todas las civilizaciones escuchan y no transmiten, podríamos llegar a la errónea conclusión de que la Galaxia está deshabitada, excepto nuestra propia existencia. Así pues, se ha propuesto –como alternativa y empresa mucho más costosa– que nosotros también «paremos la oreja»; es decir que trabajemos sobre señales que una civilización usa para sus propios propósitos, como, por ejemplo, transmisiones de radio y televisión domésticas, sistemas de

radar y demás. La construcción y funcionamiento de un gran radiotelescopio, que dedicara la mitad del tiempo a una rigurosa búsqueda de señales enviadas hacia la Tierra por una civilización extraterrestre, costaría decenas de millones de dólares (o rublos). Un conjunto de radiotelescopios diseñados para «husmear» a una distancia de algunos centenares de años-luz costaría muchos miles de millones de dólares.

Por añadidura, la probabilidad de éxito en lo que llamamos aquí «husmear» puede ser baja. Hace cien años no lanzábamos señales de radio o televisión al espacio. Dentro de cien años, el perfeccionamiento de las transmisiones de radio vía satélite y televisión por cable, así como la aparición de nuevas tecnologías, pueden significar que, una vez más, no saldrán al espacio señales de radio o televisión. Puede ser que tales señales sean detectables sólo durante unos cuantos centenares de años en la historia de un planeta, historia que se contará en miles de millones de años. Por tanto, la empresa de «husmear» o «fisquear», además de resultar costosa, también puede tener muy pocas probabilidades de éxito.

Es un tanto curiosa la situación en que nos encontramos. Al menos, hay una buena probabilidad de que haya muchas civilizaciones, lanzando señales hacia nosotros. Poseemos la tecnología para descubrir tales señales a distancias inmensas, al otro lado de la Galaxia. Excepto algunos pequeños esfuerzos realizados por los Estados Unidos y la Unión Soviética, nosotros —es decir, la Humanidad— no estamos llevando a cabo la búsqueda de inteligencia extraterrestre. Tal empresa es suficientemente emocionante y, al menos, lo bastante respetable para que pudiese haber pocas dificultades en dedicar personal a un radioobservatorio diseñado para este propósito, personal entre el cual figurasen científicos capaces e innovadores, científicos con ideas. El único obstáculo parece ser el dinero.

Aunque el hecho no sea una bagatela, lo cierto es que algunas decenas de millones de dólares (o rublos) representan, sin embargo, una cantidad de dinero que realmente está al alcance de individuos ricos y fundaciones. De hecho, hay en la astronomía una larga y orgullosa historia de observatorios fundados por individuos particulares y por algunas fundaciones. El Lick Observatory, en Mount Hamilton, California, fue fundado por el señor Lick (que deseaba construir una pirámide, pero se conformó con un observatorio, en cuya base está enterrado); el Yerkes Observatory, en Williams Bay, Wisconsin, fundado por el señor Yerkes; el Lowell Observatory de Flagstaff, Arizona, fundado por el señor Lowell, y el Mount Wilson y Mount Palomar Observatories, en California del Sur, fundación establecida por el señor Carnegie. Es posible que pronto llegue el dinero del Gobierno. Un dinero que pueda costear tal empresa. Después de todo, cuesta aproximadamente lo que los aviones americanos que remplazaron a los derribados en el Vietnam y en la semana de la Navidad de 1972. Pero un radiotelescopio diseñado para la comunicación con la inteligencia extraterrestre y, junto a él, un buen centro de exobiología, sin duda alguna sería un adecuado monumento conmemorativo para algunos de nosotros.



30. Si tenemos éxito...



Una red de civilizaciones galácticas, en comunicación mutua. Ilustración de Jon Lomberg.

Hay gente que se preocupa al reflexionar sobre el problema de una comunicación interestelar. ¿Qué sucederá si entramos en contacto con una civilización mucho más avanzada que la nuestra?

En la Tierra, la historia de los contactos entre civilizaciones tecnológicas avanzadas y atrasadas es más bien triste. Las sociedades menos avanzadas técnicamente – aunque puedan disfrutar de matemáticas superiores, astronomía, poesía, o preceptos morales– desaparecen. Si ésta es aquí una ley natural de selección, ¿por qué no ha de serlo en cualquier otra parte? Y en ese caso, ¿no debemos mantenernos quietos?

Están los que predicen una terrible catástrofe si radiamos nuestra presencia a otra estrella. Los extraterrestres vendrán y nos comerán o sucederá algo igualmente desagradable. (Realmente, si somos especialmente sabrosos, sólo necesitan una muestra de uno de nosotros, determinar qué secuencia de aminoácidos nos hacen apetitosos y luego reconstruir las apropiadas proteínas en su propio planeta. El elevado coste del transporte nos convierte en algo poco apetecible desde el punto de vista económico.) El mensaje a bordo del *Pioneer 10* fue criticado por unos cuantos porque «denunciaba» nuestra posición en la Galaxia. Dudo mucho que tengamos la suficiente categoría como para constituir una amenaza a alguien ahí fuera. Somos la civilización más retirada y la que menos probabilidades tiene de entrar en comunicación, y los enormes espacios entre las estrellas son una especie de cuarentena natural que nos impiden, en un futuro próximo, mezclarnos por ahí arriba o abajo con otros seres.

Pero, en cualquier caso, ya es demasiado tarde. Ya hemos anunciado nuestra presencia. Las iniciales emisiones de radio, comenzando con Marconi y alcanzando notable intensidad en los años 20, han atravesado la ionosfera y se extienden a la velocidad de la luz en un frente ondulado esférico centrado alrededor de la Tierra. Y en ese frente una avanzada civilización técnica puede recoger las transmisiones de Enrico Caruso, el juicio Scopes, las elecciones de 1928, las grandes orquestas de jazz. Éstos son los precursores de las culturas de la Tierra, nuestros primeros emisarios a las estrellas.

Si hay civilizaciones técnicas a una distancia de cincuenta años-luz, ahora mismo estarán descubriendo estas extrañas y primitivas señales. Aun cuando estén preparadas para responder instantáneamente con la nave espacial más rápida, pasarán por lo menos otros cincuenta años antes de que sepamos algo de ellos. El *Pioneer 10* tardará un millón de años en recorrer la misma distancia.

Es demasiado tarde para mostrarnos tímidos o con dudas. Hemos anunciado nuestra presencia al Cosmos, de una manera tardía, a tuestas, poco representativa... ¡pero aquí estamos!

Las enormes distancias entre las estrellas implican que no habrá diálogos cósmicos mediante transmisiones de radio. Supongamos que recibimos una señal de una civilización situada a una distancia posible para el contacto, digamos, por ejemplo, a unos trescientos años-luz. El mensaje quizá diría: «¡Hola, amigos! ¿Cómo estáis?» Estando ya preparados para este momento inmediatamente, replicaremos diciendo:

«Muy bien, ¿y vosotros?» Esta mutua comunicación costaría un tiempo aproximado de seiscientos años. En consecuencia, no sería una conversación muy animada.

Hace seiscientos años la peste asoló a Europa, la dinastía Ming acababa de descubrirse, Carlos el Prudente se sentaba en el trono francés, Gregorio XI era Papa, y los aztecas estaban ahorcando a los que contaminaban el aire y el agua. Seiscientos años representa un largo período en la Tierra. La comunicación interestelar por radio no será un diálogo, sino un monólogo. Los tipos ignorantes escuchan a los listos, como si el astrólogo de Carlos el Prudente recibiera un mensaje nuestro.

Aunque el período de tiempo para que una señal de radio recorra una distancia de trescientos años-luz siga siendo de trescientos años, la cantidad de información que puede transmitir es enorme. De hecho y con instrumentos no mucho más avanzados que los nuestros, en unos cuantos días se podría transmitir todo lo más importante relacionado con nuestra civilización. Tardaría trescientos años en llegar allí, pero la transmisión más rápida siempre será en la otra dirección, desde los listos (ellos) a los ignorantes (nosotros). Es posible que surquen el espacio varias transmisiones a la vez dirigidas a la Tierra y así habrá que aprender el lenguaje de tales transmisiones. Pero lo que sí está claro es que no las oiremos si no escuchamos.

Pero, ¿cómo podríamos descifrar tal mensaje? Los eruditos europeos invirtieron más de un siglo en llevar a cabo equivocados intentos de descifrar los jeroglíficos egipcios antes de descubrir la Piedra Roseta y el brillante ataque sobre su traducción llevada a cabo por Young y Champollion. Algunas lenguas antiguas, como los glifos de la isla de Pascua, escritos de los mayas y algunas variedades de escritura cretense, hoy día aún siguen siendo totalmente no intraducibles, sino más bien indescifrables. Sin embargo, eran lenguas de seres humanos como nosotros mismos, con instintos biológicos comunes, y lejos de nosotros en el tiempo sólo en unos centenares o miles de años. ¿Cómo podemos esperar que una civilización muchísimo más avanzada que la nuestra y basada enteramente en diferentes principios biológicos, pueda enviar mensajes que nosotros entendamos?

Las diferencias en los dos casos son la intención y la inteligencia. El objetivo de los glifos de la isla de Pascua no era comunicar con los científicos del siglo xx. Era comunicarse con otros habitantes de la isla de Pascua o posiblemente con los dioses. La idea de un código o clave, al menos en el terreno de la inteligencia militar, es siempre confeccionar un mensaje difícil de descifrar. Pero lo que aquí estamos tratando es lo opuesto. No hablamos de criptografía, sino más bien de una anticriptografía, diseño de un mensaje realizado por una civilización muy inteligente, y diseño tan sencillo que incluso civilizaciones más primitivas que la nuestra puedan leer.

El mensaje se basará en detalles comunes entre civilizaciones transmisoras y receptoras. Estos detalles comunes, por supuesto, no será ningún lenguaje hablado o escrito ni tampoco se basará en nuestros materiales genéticos, sino que más bien han de versar sobre aquello que compartimos en común: el Universo que nos rodea, ciencia y matemáticas. Hay esquemas mediante los cuales se transmiten propuestas matemáticas, propuestas que llevan consigo conceptos tales como la suma y la igualdad y negación, y desembocando después en conceptos más sofisticados. Hay esquemas sobre el envío de mensajes por radio en los que el número de elementos

son claramente algo así como fotografías y que cuando se reconstruyen como tales se llegan a entender muy bien. La placa del *Pioneer 10* es un ejemplo de la clase de fotografía o dibujo que, transmitido como un objeto en una sonda espacial o como foto o cuadro por transmisión de radio, sería entendido muy bien por una civilización extraterrestre muy avanzada. De la misma manera, unos mensajes parecidos que lleguen hasta nosotros, los entenderemos perfectamente, si tenemos la curiosidad de escuchar.

Hay algunos científicos que consideran la ausencia de diálogo como algo realmente molesto, como si los diálogos significativos fueran cosa común en este planeta. Philip Morrison, del Massachusetts Institute of Technology, ha señalado que tales monólogos culturales son muy comunes en la historia de la Humanidad; que, por ejemplo, todo el patrimonio cultural de la Grecia clásica, que ha influido tan profundamente sobre nuestra civilización, ha viajado sólo en una dirección con el tiempo. No hemos enviado nuestra sabiduría a los griegos. Los griegos nos han enviado su sabiduría a nosotros, sobre papel y pergamino, y no por ondas de radio, pero el principio es el mismo.

Los conocimientos éticos, científicos, lógicos y culturales que se conseguirán mediante las transmisiones galácticas, pueden ser, a la larga, el acontecimiento más importante y profundo en la historia de nuestra civilización. Se obtendrá información en unos campos que no se podrán calificar de humanidades, porque nuestros comunicantes no serán humanos. Posiblemente, habrá una desviación, por así decirlo, de la forma en que nosotros vemos el Cosmos y a nosotros mismos. Habrá una nueva perspectiva en las diferencias que percibimos entre nosotros, una vez que capturemos las enormes diferencias que existirán entre nosotros y los seres de otras partes, seres con los cuales, sin embargo, tenemos intereses intelectuales comunes.

Pero, al mismo tiempo, no es probable que haya un cambio discontinuo. La información puede llegar cualquier día mediante nuestros radiotelescopios en rapidísima transferencia. El hecho de descifrar el mensaje, la comprensión de su contenido y la aplicación extremadamente cuidadosa de lo que se nos ha enseñado pueden costar décadas e incluso siglos.

Es muy probable que el impacto cultural del contenido del mensaje sea pequeño. Sin embargo, el principal impacto lo constituirá la recepción del propio mensaje. El alunizaje de hombres en la Luna se considera hoy día, al menos en los Estados Unidos, cosa tan normal y corriente, que sospecho que puedo decir que la recepción de un mensaje de una civilización extraterrestre, mensaje que cueste mucho tiempo descifrar y entender, no será tampoco cosa muy sorprendente para el hombre de la calle.

Y hasta es posible que deseemos responder.

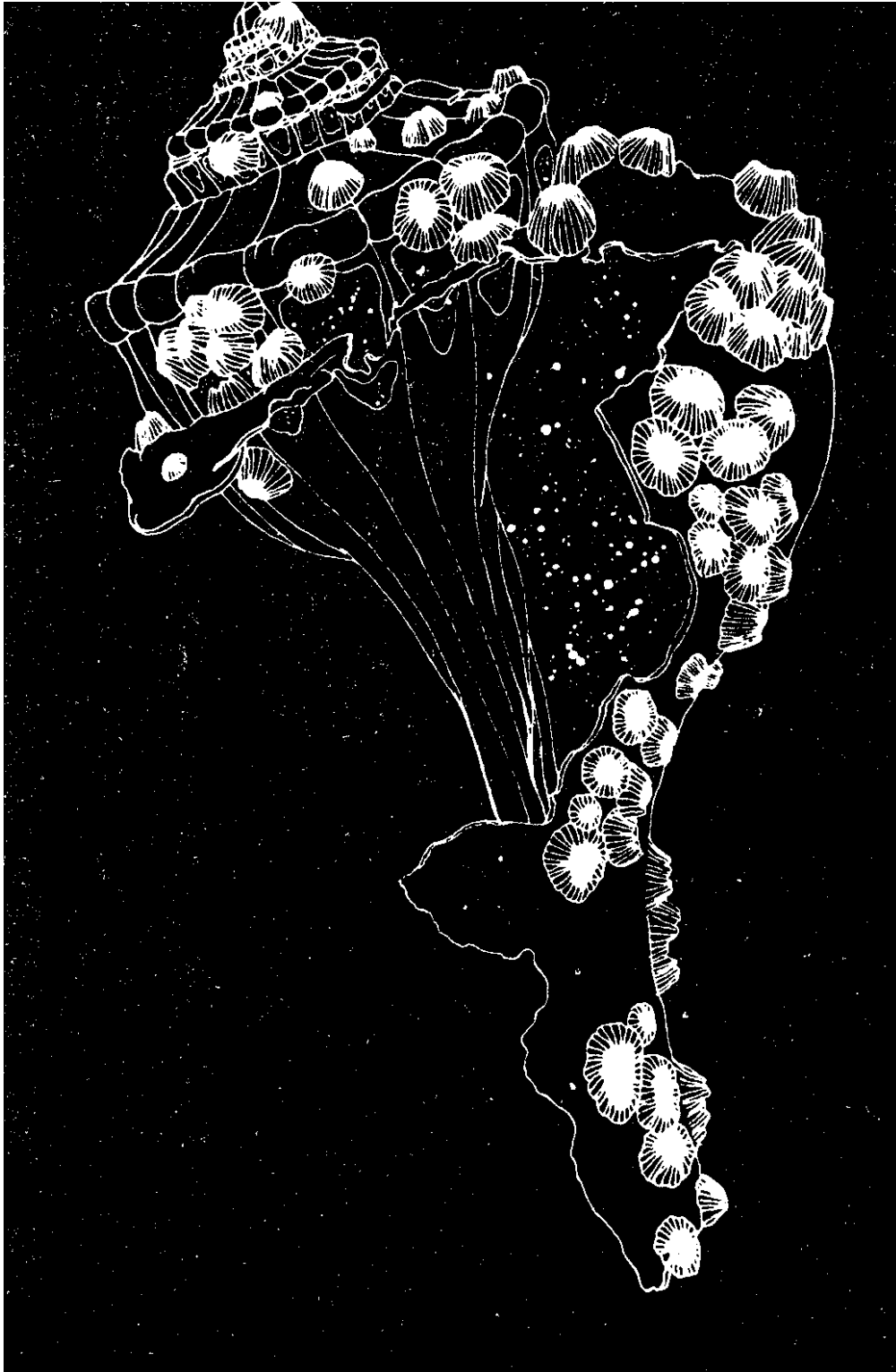
¿Por qué una sociedad avanzada desea realizar esfuerzos por comunicar tal información a otra sociedad atrasada y nueva como la nuestra? Puedo imaginar que les impulsa la benevolencia; que durante sus fases de aparición se ayudaron a sí mismos con tales mensajes y que ésta es una tradición digna de continuación. Hay algunos relatos de ciencia-ficción, en los cuales los contenidos de los mensajes son malévolos, en los que recibimos instrucciones para construir una máquina, que luego

fabricamos obedientemente y que, más tarde, también de manera sumisa toma posesión de la Tierra. Pero nadie construirá a ciegas tal máquina. Nadie obedecerá las instrucciones contenidas en un mensaje extraterrestre hasta que se comprendan bien las bases científicas de tales instrucciones. Ésta es una de las razones por las cuales el impacto cultural de un mensaje ha de ser pequeño. No creo que haya ningún peligro de importancia en la recepción de tal mensaje, siempre y cuando se tomen las más elementales precauciones con respecto a su contenido.

Se ha sugerido que el contenido del mensaje recibido, del mensaje inicial, se entiende, contendrá instrucciones para evitar nuestra propia autodestrucción, posible destino común de todas las sociedades que han alcanzado la fase técnica. Ciertamente, hay en nuestro planeta suficientes armas nucleares como para liquidar no una, sino varias veces a todos los hombres, mujeres y niños. Se dice que las civilizaciones extraterrestres avanzadas, motivadas bien por altruismo, o bien por un interés egoísta en mantener un estimulante grupo de comunicantes, proporcionan información para que algunas sociedades se establezcan. No sé si esto es posible; las diferencias históricas entre organismos y sociedades con miles de millones de años de evolución independiente serían enormes. Pero es una posibilidad que vale la pena no ignorar, esta hipótesis de que la existencia de comunicaciones interestelares aumente el número de civilizaciones y que pueda ser la base de nuestra propia supervivencia.

Hay otra forma en la que este mismo proceso puede funcionar bien, aunque no haya instrucciones específicas sobre cómo evitar destruirnos a nosotros mismos. Está el factor de la escala del tiempo. Los Gobiernos de la Tierra rara vez hacen proyectos que vayan más allá de un período de cinco años. Los individuos normalmente hacen proyectos para espacios de tiempo mucho más pequeños. Incluso una inútil búsqueda de inteligencia extraterrestre, que puede alargarse durante décadas o siglos, es un ejemplo útil de planificación a largo plazo. Pero habría que pensar en las consecuencias de recibir un mensaje que se transmitió hace trescientos años y que se discutirá durante otros seiscientos. Esperar la respuesta a la nuestra requiere, así, una continuidad de propósitos muy poco corriente en las instituciones humanas. Gran parte de las catástrofes ecológicas actuales se deben al ansia de ganancias a plazo corto y a una asombrosa ceguera hacia los desastres a largo plazo. La escala del tiempo de civilizaciones interestelares y la comunicación con ellas proporcionan un sentido de continuidad histórica, vital para la continuación de nuestra propia civilización.

31. Cables, tambores y caracolas



Concha estelar. Ilustración de Jon Lomborg.

En casi todas las descripciones científicas de contactos entre la Tierra y una civilización extraterrestre, a esta última se la menciona como avanzada.

¿Por qué avanzada? ¿Por qué no hay allí alguna civilización primitiva, individuos atrasados, andando a tientas sobre escombros interestelares y remendando continuamente todas las cosas? ¿Por qué estamos tan obsesionados con unas supuestas civilizaciones avanzadas?

La respuesta es muy sencilla: las primitivas no nos hablan. (Las verdaderamente inteligentes tampoco lo hacen, pero dentro de poco ya tocaremos este punto.)

Pensemos en un contacto empleando la radioastronomía. La radioastronomía en la Tierra es un subproducto de la Segunda Guerra Mundial, cuando hubo fuertes presiones militares para el perfeccionamiento del radar. Una seria radioastronomía surgió solamente en los años cincuenta y los grandes radiotelescopios, en los años sesenta. Si definimos a una civilización avanzada como aquella capaz de efectuar comunicaciones a larga distancia empleando radiotelescopios, habrá que decir que en nuestro planeta la civilización avanzada sólo tiene unos diez años. Por tanto, cualquier civilización diez años menos avanzada que la nuestra no podrá hablarnos en absoluto.

Incluso los cálculos más optimistas sobre el índice de avance técnico de una civilización que pueda surgir en la Galaxia anuncian que es inferior a una cada diez años (véase capítulo XXVIII). Si esto es correcto, significa que de todas las civilizaciones de la Galaxia que pueden comunicar por radio no hay ninguna tan atrasada como la nuestra. Pueden existir millones de civilizaciones menos avanzadas que nosotros, pero no tenemos forma alguna de ponernos en contacto con ellas: carecen de la tecnología necesaria para recibir o transmitir. Las objeciones que se hacen al hecho de que el mensaje del *Pioneer 10* puede ser demasiado difícil de descifrar para los que lo reciban, parecen ignorar el hecho de que para que esto sea así los recipiendarios han de ser capaces ante todo de interceptar y captar este pequeño artilugio en el espacio interestelar, cosa que hasta ahora para nosotros representa tarea que va mucho más allá de nuestra capacidad. Si están lo suficientemente avanzadas como para poder capturar al *Pioneer 10*, en la obscuridad, entre las estrellas, creo que podrán ser lo suficientemente inteligentes como para captar también su mensaje, que puede ser leído sin ninguna dificultad por muchos físicos, tan atrasados como los de la Tierra.

Pero, ¿qué hay sobre las civilizaciones mucho más avanzadas que la nuestra? El progreso técnico que hemos alcanzado en los últimos siglos es realmente sorprendente. No sólo se han desarrollado o perfeccionado nuevas técnicas, sino que se han establecido nuevas leyes físicas y nuevos métodos de examinar el Universo. Este desarrollo intelectual y tecnológico es continuo. Si sobrevive la civilización de la Tierra, el avance de la ciencia y de la tecnología también continuará.

Las civilizaciones que nos superan en ciencia y tecnología en miles de millones de años es casi seguro que no podemos comprenderlas porque ni siquiera se podrán distinguir de lo que hoy nos parece magia. No es que lo que puedan hacer viole las

leyes de la física, pero sí que no entenderemos cómo pueden usar las leyes de la física para hacer lo que hacen.

Es posible también que estemos tan atrasados y seamos tan poco interesantes para tales civilizaciones, que no valgamos la pena de ningún contacto, o, al menos, de mucho contacto. Puede haber unos pocos especialistas en sociedades primitivas interplanetarias que reciban el grado de licenciados o doctores en el estudio de la Tierra o en escuchar nuestro tráfico áspero y hasta irritante de radio y televisión. Puede haber aficionados –boy-scouts, radioaficionados, etcétera– que se sientan interesados por lo que ocurre en la Tierra. Pero una civilización de un millón de años más avanzada que la nuestra, no sé, me parece que no se sentirá en absoluto interesada por nosotros.

Las comunicaciones entre dos civilizaciones muy avanzadas probablemente emplearán una ciencia y una tecnología inaccesibles para nosotros. Por tanto, carecemos de perspectiva alguna en lo que se refiere a captar tal tráfico de comunicación, bien accidentalmente o a propósito.

Somos como los habitantes de un valle aislado de Nueva Guinea que se comunican con otras sociedades de cercanos valles (sociedades bastante diferentes, podría añadir) mediante corredores o tambores. Cuando se les pregunta cómo una sociedad avanzada ha de comunicarse, quizás imaginen que ha de ser mediante un corredor extremadamente veloz o por medio de un tambor realmente gigantesco. Es casi seguro que no imaginen la existencia de una tecnología superior a la suya. Y, sin embargo, hay una enorme cantidad de tráfico de radio, de cable internacional, que pasa sobre ellos, a su alrededor, y a través de ellos también.

En este mismo momento estarán cruzando el espacio mensajes de otra civilización, mensajes impulsados por dispositivos superavanzados e inimaginables para nosotros, incapaces de detectarlos, pero ahí están; si tan siquiera supiésemos cómo detectarlos. Quizás el mensaje llegará vía ondas de radio para que sean detectadas por grandes radiotelescopios. O, quizá, por dispositivos más misteriosos, como la modulación de estrellas de rayos X, ondas de gravitación, neutrinos o canales de transmisión que nadie en la Tierra soñará aún durante siglos. O, probablemente, los mensajes ya están aquí, presentes en las experiencias de cada día, pero mensajes que resultan imposibles de captar porque no realizamos el correcto esfuerzo mental para ello. El poder y fuerza de tal civilización avanzada es muy grande. Es probable que sus mensajes estén ahí, aquí, en muchos sitios, situados en circunstancias por completo familiares.

Pensemos, por un momento, en las caracolas. Todo el mundo conoce el «sonido del mar» que escucha cuando arrimamos al oído una de estas caracolas marinas. Nos dicen que lo que oímos es el sonido muy ampliado de nuestra propia sangre. Pero, ¿es esto realmente cierto? ¿Se ha estudiado esto? ¿Acaso hubo alguien que se preocupara de estudiar o intentara descifrar el mensaje que suena en el interior de una caracola? No menciono este ejemplo como literalmente cierto, sino más bien como una alegoría. En algún lugar de la Tierra puede existir el equivalente al canal de comunicaciones de la caracola. El mensaje de las estrellas bien puede estar aquí ya. Pero, ¿dónde?



Escucharemos a la espera de oír tambores interestelares y pasaremos por alto los cables interestelares. Probablemente recibiremos nuestros primeros mensajes mediante los tambores de los valles galácticos vecinos, de civilizaciones cercanas a nuestro futuro. Las civilizaciones mucho más avanzadas que nosotros permanecerán durante mucho tiempo inaccesibles en la distancia. En un futuro de gran tráfico de radio interestelar, las civilizaciones muy avanzadas pueden ser para nosotros tan solo leyendas insubstanciales.

### 32. Tren nocturno a las estrellas



El tren carguero nocturno a las estrellas. Ilustración de Jon Lomberg.

Durante tres generaciones de seres humanos hubo –como una omnipresente, pero casi inadvertida, parte de sus vidas– un sonido de llamada, un grito que atravesaba la noche, llevando consigo la noticia de que había una forma, no muy difícil, de abandonar Twin Forks, North Dakota, o Apalachicola, Florida, o Brooklyn, New York. Era el quejumbroso ruido del tren nocturno, tan misterioso y evocador como el grito del somorgujo. Era un constante recordatorio de que había vehículos, dispositivos que, si se abordaban, podían sacarle a uno a alta velocidad de su pequeño mundo para llevarle a un mucho mayor Universo de bosques y desiertos, costas y ciudades.

Especialmente en los Estados Unidos, pero quizás en gran parte del Mundo, pocas personas viajan hoy día en tren. Hay generaciones enteras que crecen sin haber oído la llamada de esta sirena. Éste es el momento de homogeneizar el Mundo, cuando se está erosionando la diversidad de sociedades, cuando está surgiendo una civilización global. Ya no quedan lugares exóticos en la Tierra con los cuales poder soñar.

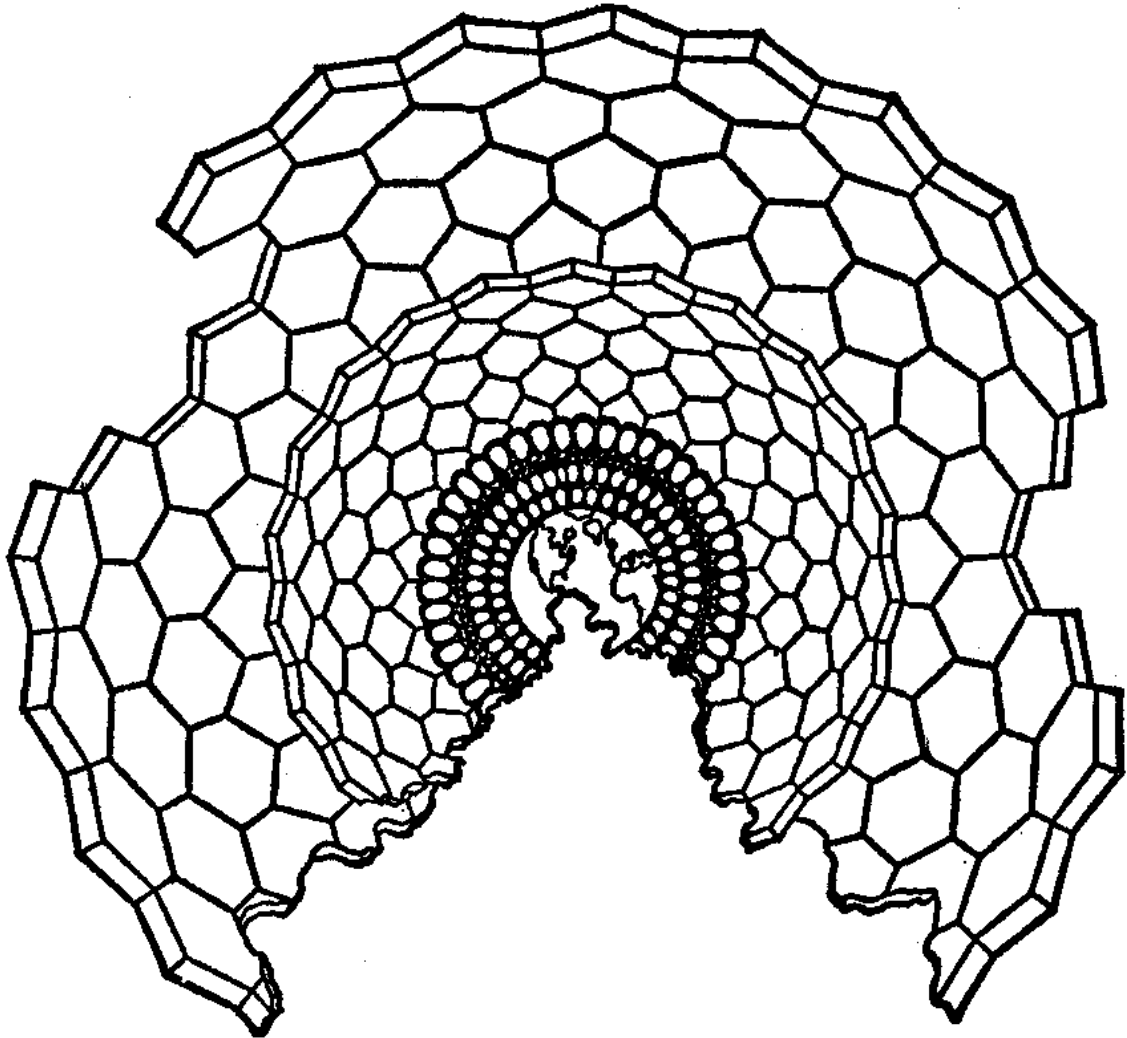
Y por esta razón impera cada día más la urgente necesidad de disponer de un vehículo, de un dispositivo, que nos lleve a alguna parte. No a todos nosotros; solamente unos pocos, a los desiertos de la Luna, a las antiguas costas de Marte, a los bosques del cielo. Hay algo de consolador en la idea de que un día unos cuantos representantes de nuestro pequeño pueblo terrestre puedan aventurarse a ir a las grandes ciudades galácticas.

Todavía no hay trenes interestelares ni máquinas que nos lleven a las estrellas. Pero un día pueden estar aquí. Las habremos construido o las habremos atraído.

Y entonces, una vez más sonará el silbato del tren nocturno. No el antiguo sonido del silbato de la locomotora, ya que el sonido no se oye en el espacio interplanetario o en el fantástico vacío entre las estrellas. Pero habrá algo, quizás el flash o relámpago luminoso del *magnetobrehmstrahlung*, cuando el vehículo estelar se aproxime a la velocidad de la luz. Habrá una señal.

Mirando desde las ciudades enormes como continentes y desde las también enormes reservas de caza, en una noche clara, lugares que pueden ser nuestro futuro en este planeta, los jóvenes soñarán que cuando sean mayores, si tienen suerte, tomarán el tren nocturno que les lleve a las estrellas.

### 33. Astroingeniería



Astroingeniería. Ilustración de Jon Lomberg.

Ahora, en un relato del que se han hecho muchas citas y posiblemente apócrifo, repetiremos aquí que el físico nuclear Enrico Fermi preguntó, durante un almuerzo celebrado en Los Alamos en los años cuarenta: «*¿Dónde están ellos?*» Si hay grandes cantidades de seres más avanzados que nosotros, murmuró al parecer, ¿por qué no hemos visto ninguna señal o huella de ellos, por ejemplo, una visita a la Tierra?

Hemos tratado este problema en los capítulos 27 y 28. Pero hay otra manera de plantear la pregunta de Fermi. Una civilización que nos supera tecnológicamente en cien años (teniendo en cuenta los actuales índices de progreso tecnológico), seguro

que podría comunicarse por radio, y quizá mediante otras técnicas desde cualquier punto de la Galaxia y también desde otras galaxias. Una civilización que nos supere tecnológicamente en mil años es probable que sea muy capaz de viajar físicamente entre las estrellas, aunque empleando considerable tiempo y recursos.

Pero, ¿y qué pensar de las civilizaciones que nos superan tecnológicamente en miles o centenares de miles de años o incluso más tiempo? Hay, después de todo, miles de millones de estrellas más viejas que el Sol. Las más antiguas de tales estrellas carecen de metales pesados y probablemente sus planetas también sufren la misma carencia. Tales estrellas, viejas estrellas, tienen medios ambientes hostiles al desarrollo de civilizaciones tecnológicas. Pero algunas estrellas, mil o dos mil millones de años más viejas que el Sol no sufren tales dificultades. Seguramente es posible que haya, al menos, unas cuantas civilizaciones que nos superen en el aspecto tecnológico en millones o en miles de millones de años.

Mediante prodigiosos recursos energéticos tales civilizaciones podrían reformar o cambiar el Cosmos. Hemos expuesto en el capítulo 22 cómo la vida en la Tierra ya ha alterado significativamente nuestro planeta y cómo podemos ya imaginar, en un futuro relativamente próximo, el realizar importantes cambios en los medios ambientes de los planetas más cercanos a nosotros.

Sin duda son posibles cambios mucho mayores en un futuro más lejano. El matemático Freeman Dyson, del Institute for Advanced Study, ofrece un esquema en el cual el planeta Júpiter se rompe trozo a trozo, transportado a la distancia de la Tierra desde el Sol y reconstruido en forma de concha esférica, un enjambre de fragmentos individuales girando alrededor del Sol. La ventaja de la propuesta de Dyson es que toda la luz solar que se desperdicia, al no caer sobre un planeta inhabitado, podría emplearse ventajosamente; y mantenerse así el exceso de población que ahora habita la Tierra. Si población tan vasta es deseable, es algo que aún no se ha resuelto. Pero lo que sí parece evidente es que con el actual índice de progreso tecnológico será posible construir la esfera de Dyson quizá dentro de algunos miles de años. En ese caso, es probable que otras civilizaciones más antiguas que la nuestra hayan construido ya tales enjambres esféricos.

Una esfera Dyson absorbe la luz visible del Sol. Pero no continúa absorbiendo indefinidamente esta luz sin llevar a cabo una reirradiación, ya que de no ser así la temperatura llegaría a ser sumamente alta. El exterior de la esfera Dyson irradia una radiación infrarroja al espacio. A causa de las grandes dimensiones de la esfera, el flujo infrarrojo de una esfera Dyson debe ser detectable desde grandes distancias, con la actual tecnología infrarroja, en distancias de centenares de miles de año-luz. Es de resaltar aquí el hecho de que en años recientes se han detectado grandes objetos infrarrojos de dimensiones parecidas a las del Sistema Solar y con temperaturas de menos de 500 °C [1000 °F]. Por supuesto, éstas no son necesariamente civilizaciones Dyson. Pueden ser enormes nubes que rodean a estrellas en proceso de formación. Pero estamos comenzando a descubrir objetos que no son muy diferentes a los artefactos de civilizaciones avanzadas.

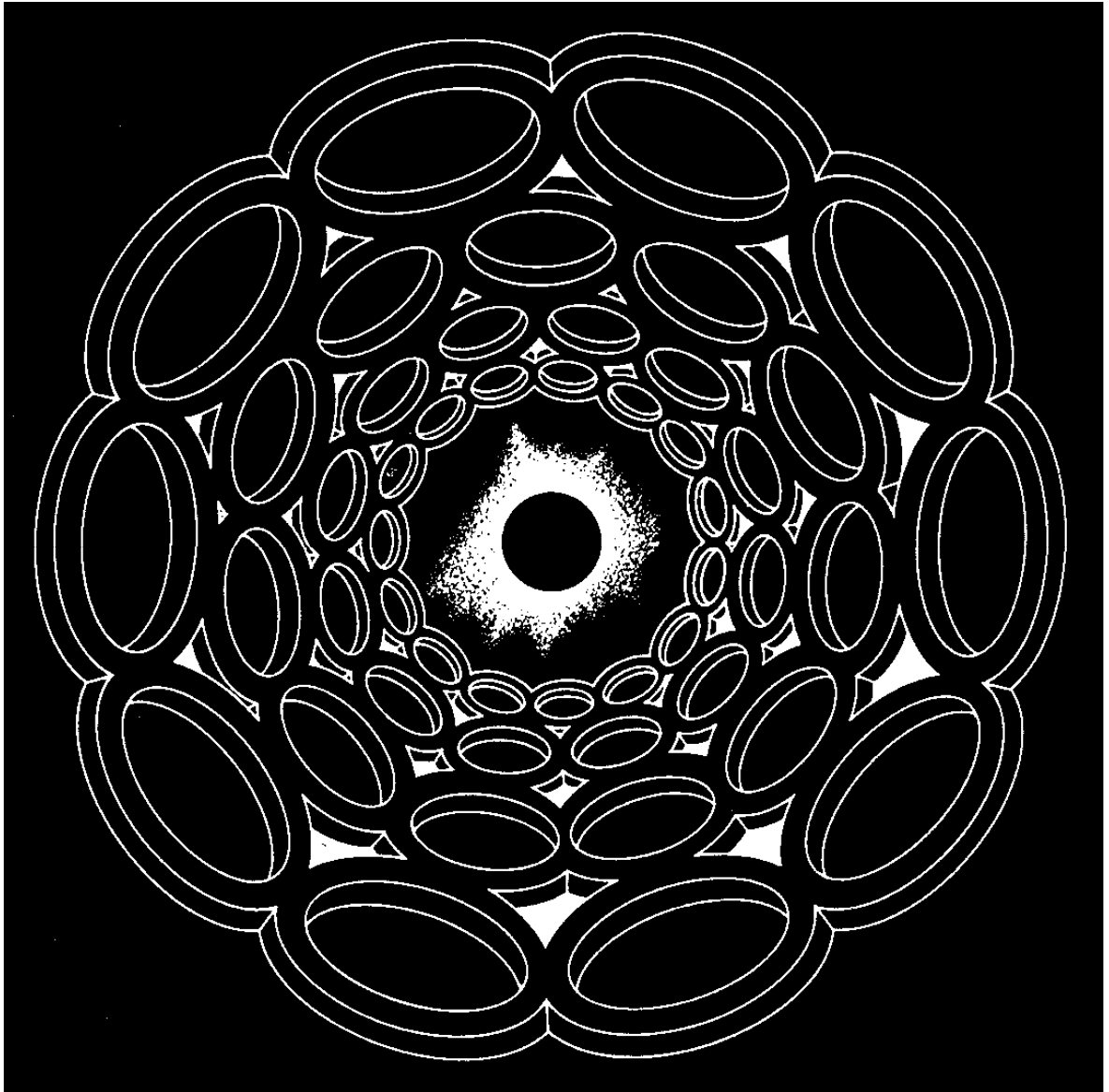
Hay muchos fenómenos en la astronomía contemporánea que no se entienden. Los quasars, por ejemplo, son uno de ellos. Las ondas de gravitación de alta intensidad procedentes del centro de nuestra Galaxia son otros. La lista podría alargarse de manera considerable. Mientras no entendamos estos fenómenos, no podemos

excluir la posibilidad de que sean manifestaciones de inteligencia extraterrestre. Esto apenas demuestra la probabilidad de la existencia de inteligencia extraterrestre, o, al menos, no en mayor medida que nuestra incapacidad de comprender los cambios de estación en Marte (capítulo 19), asumiendo que hay importantes pruebas de la existencia de vegetación en dicho planeta. Como dice el astrofísico soviético I. S. Shklovskii:

*«Sujetándonos a los principios de la ley, debemos suponer que todos los fenómenos astronómicos son naturales hasta que se demuestre lo contrario.»*

Algunos científicos han preguntado, ante lo que podríamos llamar reformulación de la pregunta de Fermi, ¿por qué las civilizaciones avanzadas no se hacen más evidentes? ¿Por qué las estrellas no se han reformado en cuadros enteramente artificiales en el cielo, quizá parpadeando con sus luces anunciando en distancias intergalácticas alguna bebida refrescante cósmica? Este ejemplo particular, por supuesto, no es muy defendible: la bebida refrescante de una sociedad puede ser veneno para otra. Más seriamente, las manifestaciones de civilizaciones muy avanzadas puede que, para nosotros, civilización atrasada, pasen inadvertidas, de la misma manera que pasa inadvertida para la hormiga que trabaja junto a la piscina de una ciudad cualquiera, la superior civilización técnica que la rodea en esos momentos.

### 34. Veinte preguntas: una clasificación de civilizaciones cósmicas



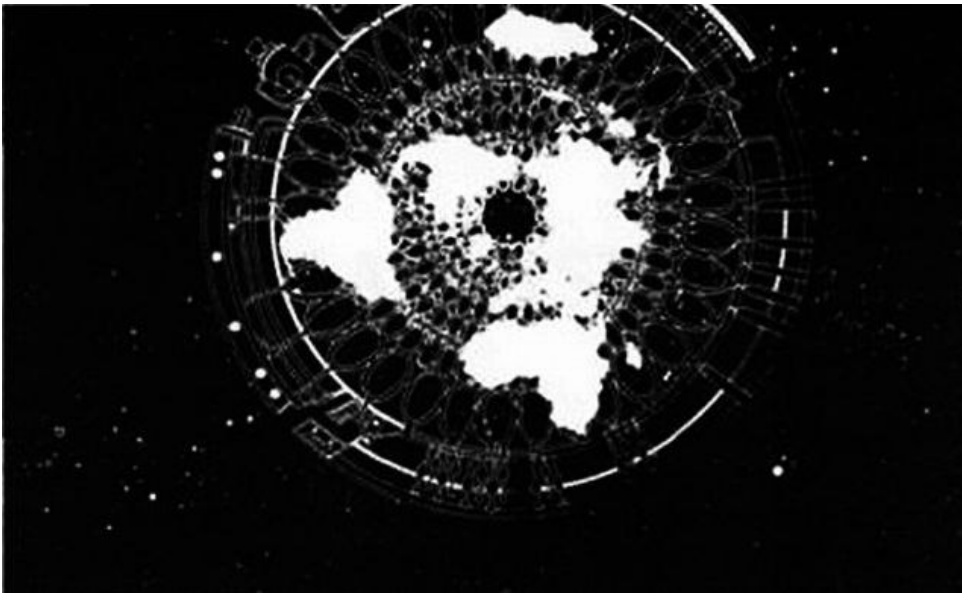
Civilización tipo 1.4 M. Ilustración de Jon Lomborg.

Para tratar con la posibilidad de que haya civilizaciones extraterrestres enormemente avanzadas, el astrofísico soviético N. S. Kardashev ha propuesto una distinción en términos de la energía disponible para una civilización y para propósitos de comunicación.

Una civilización tipo I es capaz de reunir, para propósitos de comunicación, el equivalente de toda la producción energética del planeta Tierra, que ahora se usa para calefacción, electricidad, transporte y demás; una gran variedad de propósitos

diferentes a la comunicación con civilizaciones extraterrestres. Por esta definición, la Tierra no pertenece todavía al tipo I de civilización.

La utilización o uso de fuerza de nuestra civilización está aumentando con suma rapidez. La actual producción de energía del planeta Tierra es algo así como  $10^{15}$  ó  $10^{16}$  vatios; es decir de un millón de millones a diez millones de millones de vatios. La cifra exponencial indica simplemente el número de ceros que siguen al 1. Por ejemplo,  $10^{15}$  significa quince ceros detrás del 1. El concepto de potencia en física es el de gasto de energía por unidad de tiempo. Un vatio equivale a diez millones de ergios de energía gastada por segundo. Toda la energía empleada en la Tierra equivale a encender, por ejemplo, cien millones de millones de bombillas de cien vatios. Especialmente si esta energía brotara en la parte de radio del espectro podría detectarse desde considerables distancias.



**Representación esquemática de una civilización tipo I, probablemente unos cuantos siglos más avanzada que la nuestra. Ilustración de Jon Lomberg.**

Una civilización tipo II puede usar con propósitos de comunicación una producción de energía equivalente a la de una típica estrella, aproximadamente  $10^{26}$  vatios. Ya vemos estrellas sumamente brillantes en frecuencias ópticas en las más cercanas galaxias. Una civilización tipo II lanzando en nuestra dirección  $10^{28}$  vatios en algunas ondas de radio estrechas podría detectarse a enormes distancias intergalácticas. Sería muy fácil de descubrir si empleáramos los procedimientos idóneos de búsqueda, y si tal civilización se hallara en la más próxima galaxia espiral a la nuestra, M31, la gran galaxia de la constelación Andrómeda. M31 es, sin duda, la galaxia más grande. Por ejemplo, una galaxia elíptica, la M87 –también conocida como Virgo A– contiene, quizá, diez millones de millones de estrellas.

Por último, Kardashev supone una civilización tipo III que emplearía, con propósitos de comunicación, la producción de energía de toda una galaxia, aproximadamente  $10^{36}$  vatios. Una civilización tipo III irradiándonos así se podría descubrir si estuviera en cualquier lugar del Universo. No hay nada previsto para una civilización tipo IV. No hay necesidad de que existan muchas civilizaciones tipo II o tipo III para que se



sienta su presencia una vez se organice cuidadosamente la búsqueda de civilizaciones extraterrestres. Muy bien podría ocurrir que unas cuantas civilizaciones tipo II o tipo III se detectasen con más facilidad que un gran número de civilizaciones tipo I, si eligiesen el hacernos señales (véase el capítulo 31).

El vacío de energía entre una civilización tipo I y otra tipo II o entre las civilizaciones del tipo II y III, es enorme, un factor de alrededor de diez mil millones en cada paso. Parece conveniente, si se ha de considerar el asunto seriamente, discriminar en medida más fina, por así decirlo. Sugeriría un tipo 1.0 como civilización, usando  $10^{16}$  vatios para la comunicación interestelar; tipo 1.1,  $10^{17}$  vatios; tipo 1.2,  $10^{18}$  vatios, y así sucesivamente. Nuestra civilización actual podría clasificarse algo así como un tipo 0.7.

Pero puede haber formas más significativas para caracterizar civilizaciones mediante la energía que puedan usar en sus comunicaciones. Factor importantísimo de una civilización es la cantidad total de información que almacene. Esta información se puede describir en términos de bits, el número de declaraciones si-no relativas a sí misma y al Universo que tal civilización conoce.

Un ejemplo de este concepto es el popular juego de «Veinte preguntas», tal y como se juega en la Tierra.

Un jugador imagina un objeto o concepto y realiza una clasificación inicial de él en el campo animal, vegetal, mineral, o en ninguno de estos tres. Para identificar el objeto o concepto, los otros jugadores pueden hacer un total de veinte preguntas que sólo se pueden responder con «sí» o «no». ¿Cuánta información se puede obtener de esta manera?

Se puede pensar en la caracterización inicial como tres preguntas de síes o noes: ¿Conceptual u real? ¿Biológico o no? ¿Planta o animal? Si estamos de acuerdo en que una partida de «veinte preguntas» persigue algo vivo, hemos respondido, en efecto, ya a tres preguntas cuando comience la partida. La primera pregunta dividió al Universo en dos partes (desiguales). La segunda pregunta dividió a una de estas dos partes en dos más, y la tercera dividió a otra de estas últimas, en otras dos. En tal momento hemos dividido al Universo aproximadamente en:

$$2 \times 2 \times 2 = 2^3 = 8 \text{ partes}$$

Cuando terminemos con nuestras veinte preguntas, habremos dividido al Universo en  $2^{20}$  partes adicionales (probablemente desiguales). Ahora,  $2^{10}$  es 1024. Podemos efectuar tales cálculos muy rápidamente si aproximamos  $2^{10}$  por  $1000 = 10^3$ ; por lo tanto,  $2^{20}$  es igual a  $(2^{10})^2$ , que aproximadamente es igual a  $(10^3)^2 = 10^6$ . El número total de preguntas efectivas, veintitrés, ha dividido al Universo en alrededor de  $2^{23}$  o  $10^7$  partes o retazos de información. Así, es posible que los jugadores hábiles ganen en «veinte preguntas» tan sólo si viven en una civilización que posee un contenido de información de aproximadamente  $10^7$  bits.

Pero, como digo más adelante, nuestra civilización se caracteriza por, quizá,  $10^{14}$  bits. Por consiguiente, los jugadores hábiles deben ganar en «veinte preguntas» en alrededor de  $10^7$  entre  $10^{14}$  veces, o una en  $10^7$ , o una en diez millones de veces. Que la partida se gane más a menudo en la práctica se debe a que hay una regla

adicional –por lo general, no estatuida, pero sí bien entendida: sobre todo porque el objeto o concepto mencionado deba ser algo que figure en la herencia cultural general de todos los jugadores. Pero esto debe significar que  $10^7$  bits de información pueden llevar en sí una gran cantidad de información sobre una civilización, sin duda alguna. Philip Morrison ha calculado que la contribución escrita total a nuestra actual civilización por parte de la civilización clásica griega, sólo es de aproximadamente  $10^9$  bits. Así, un mensaje de una sola dirección, que contiene, según las normas de la moderna radioastronomía, un número muy pequeño de bits de información, puede contener una significativa cantidad de nueva información y ejercer una poderosa influencia sobre una sociedad, a la larga.

¿Cuál es el número total de bits de información que hay en una palabra inglesa? ¿En todos los libros en el Mundo? Por lo general, se emplean en inglés veintiséis letras más diferentes marcas de puntuación. Calculemos que hay treinta y dos de tales «letras» que son efectivas. Pero  $32 = 2^5$ ; es decir, hay algo así como cinco bits por letra. Si una palabra típica tiene cuatro a seis letras (para un promedio de seis letras por palabra, tendría que haber muchas palabras caprichosas) habrá entonces de veinte a treinta bits por palabra. Un libro corriente –de unas trescientas palabras por página y de alrededor de trescientas páginas– tendría alrededor de cien mil palabras o, aproximadamente, tres millones de bits de información. Las más grandes bibliotecas del mundo, como la del Museo Británico, la Biblioteca Bodleian de Oxford, la Biblioteca Pública de New York, la Biblioteca Widener de Harvard, o la Biblioteca Lenin de Moscú, no tienen más de diez millones de volúmenes. Esto es aproximadamente  $3 \times 10^{13}$  bits de información.

Una fotografía mal revelada puede disponer de un millón de bits. Una caricatura muy complicada puede tener tan sólo unos mil bits. Por otra parte, una fotografía grande y en color puede tener mil millones de bits. Concedamos márgenes a la cantidad de información fundamental contenida en gráficos, fotografías y arte en nuestra civilización, así como la tradición oral grabada. Tratemos también de calcular –esto sólo puede hacerse de manera muy superficial– la información con la que nacemos sobre cómo tratar con el Mundo. (Los seres humanos, al nacer, son, en relación con otros animales, seres con muy poca información, pues tratamos con el Mundo mucho más en términos de información aprendida que de información instintiva o heredada.) Calculo, entonces, que nosotros y nuestra civilización podemos muy bien caracterizarnos por algo así como  $10^{14}$  o  $10^{15}$  bits de información.

Entre paréntesis, el viejo adagio chino de que vale más una imagen que diez mil palabras (trescientos mil bits en inglés, pero ¿y en chino?) es aproximadamente correcto con tal de que la imagen no sea demasiado complicada.

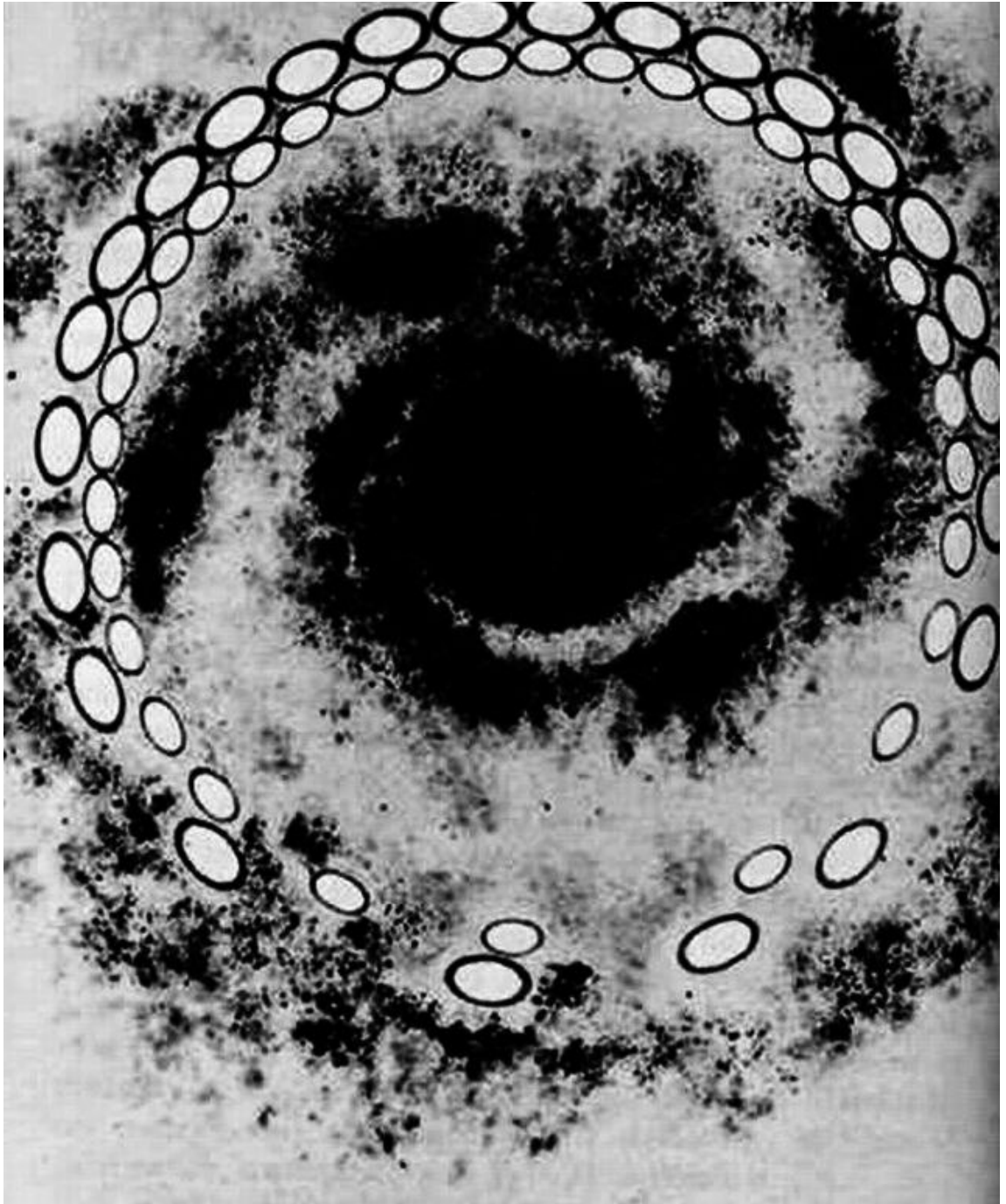
Podemos imaginar civilizaciones que tienen un número mucho más elevado de retazos que caracterizan a su sociedad en mayor grado que a la nuestra. En general, deberíamos esperar que una civilización superdesarrollada en la escala de energía debiera ser sumamente adelantada en la escala de información. Pero esto no necesita ser cierto del todo. En efecto, puedo imaginar sociedades que sean muy complejas y necesiten muchos más retazos para caracterizarlas que lo que necesita nuestra sociedad, pero que no están interesadas en la comunicación interestelar. La caracterización de civilizaciones interestelares requiere que distingamos su contenido de información también.

Si hemos empleado números para describir la energía, quizá debamos usar letras para describir la información. Hay veintiséis letras en el alfabeto inglés. Si cada una de ellas corresponde a un factor de diez en el número de bits, existe la posibilidad de caracterizar con el alfabeto inglés una gama de contenidos de información sobre un factor de  $10^{26}$ , gama muy amplia que parece adecuada a nuestros propósitos. Propongo llamar a un tipo de civilización A como una a nivel de «veinte preguntas», caracterizada por  $10^6$  bits. En la práctica, ésta es una sociedad extremadamente primitiva –mucho más primitiva que cualquier sociedad humana que conozcamos bien– y un buen punto de comienzo. La cantidad de información que hemos recibido de la civilización griega caracterizaría a esa civilización como de tipo C, aunque la cantidad real de información que caracterizó a la Atenas de Pericles probablemente es equivalente al tipo E, o así. Dé acuerdo con estas normas, nuestra civilización contemporánea, si se caracteriza mediante  $10^{14}$  bits de información, corresponde a un tipo H de civilización.

Una caracterización combinada de información/energía de nuestra actual sociedad global terrestre es del tipo 0.7H. El primer contacto con una civilización extraterrestre sería, creo yo, con una del tipo 1.5J o 1.8K. Si hubiese una civilización galáctica de un millón de mundos, y si cada uno se caracterizara por mil veces el contenido de información de nuestra civilización terrestre, la civilización galáctica sería del tipo Q. Mil millones de tales galaxias federadas con toda la información mantenida colectivamente se caracterizaría como civilización del tipo Z.

Pero, como exponemos en el capítulo siguiente, no hay suficiente tiempo en la historia del Cosmos para que se haya desarrollado tal tipo de sociedad intergaláctica.

### 35. Intercambios culturales galácticos



Símbolo de una galaxia unificada, por Jon Lomberg. La galaxia representada es la M74, en la constelación de Piscis.

Es posible especular en el futuro, muy distante, de las civilizaciones avanzadas. Podemos imaginar tales sociedades en excelente armonía con sus medios ambientes, su biología, y las extravagancias o caprichos de sus políticas, de manera que gozan de períodos de vida extraordinariamente largos. La comunicación tiene que haberse establecido hace ya mucho tiempo con otras civilizaciones. La difusión de conocimientos, técnicas y puntos de vista se extenderían a la velocidad de la luz. Con el tiempo, las diversas culturas de la Galaxia, que implica un gran número de organismos muy diferentes en su aspecto, basados en diferentes bioquímicas y diferentes culturas iniciales, se homogeneizarían, así como las diversas culturas de la Tierra están hoy día en procesos de homogeneización.

Pero tal homogeneización cultural de la Galaxia costará largo tiempo. Una comunicación por radio de ida y vuelta entre nosotros y el centro de la Vía Láctea requiere sesenta mil años. La homogeneización cultural de la Galaxia precisaría de muchos de tales cambios, aun cuando cada cambio implicara grandes cantidades de información enviada eficientemente. Considero difícil creer que serían adecuados no menos de cien intercambios entre los lugares más remotos de la Galaxia para la homogeneización cultural.

En consecuencia, el mínimo período de vida para la homogeneización de la Galaxia se extendería a muchos millones de años. Por supuesto, las sociedades deben permanecer estables durante períodos de tiempo comparables. Tal homogeneización no precisa ser deseada, pero se dan todavía presiones fuertes y evidentes para que ocurra, como es también el caso en la Tierra. Si hay una comunidad galáctica de civilizaciones que abarca gran parte de la Vía Láctea, y si estamos en lo cierto con respecto a que no se puede transmitir información a una velocidad mayor que la de la luz, entonces la mayor parte de sus miembros –y todos los miembros fundadores– de tal comunidad deben estar, por lo menos, millones de años más avanzados que nosotros. Por esta razón, creo que es algo muy fantástico o más bien una verdadera locura el suponer que actualmente se pueda establecer contactos por radio con los extraterrestres y llegar a ser miembro de la federación galáctica, algo similar a como si un armadillo solicitara ingresar en las Naciones Unidas.

Estas limitaciones de la velocidad de la luz, en cuanto se refiere a la comunicación, también se pueden aplicar a la homogeneización de culturas de diferentes galaxias, después de transcurrido un hipotético período de millones de años, en el cual las civilizaciones estelares de una determinada galaxia alcanzarán una cultura común. Podemos imaginar que otras galaxias estén tratando de entrar en contacto con estas federaciones galácticas.

Las galaxias espirales más cercanas se encuentran a varios millones de años-luz de distancia. Esto significa que un solo elemento de diálogo –un mensaje y su respuesta– necesitaría espacios de tiempo de varios millones de años, probablemente unos diez en total. Si se precisan cien de tales intercambios, la escala de tiempo para la homogeneización de un grupo de galaxias cercanas es entonces del orden de los mil millones de años. Las sociedades galácticas tendrían que ser estables y preservar la continuidad para tales períodos de tiempo. Esto significaría que una civilización sumamente vieja en nuestra Galaxia podría tener enormes semejanzas culturales con federaciones galácticas similares en otros

miembros de los que los astrónomos llaman modestamente el grupo «local» de galaxias.

Estas escalas de tiempo en la homogeneización están comenzando a alcanzar un punto que pone a prueba la credulidad. Hay suficientes catástrofes naturales y fluctuaciones estadísticas en el Universo –aun residiendo en muchos planetas simultáneamente durante más de mil millones de años– como para que una sociedad estable comience a ser poco probable. También, durante estos inmensos períodos de tiempo, las mismas sociedades galácticas comunicantes estarán evolucionando. Se precisarán muchos contactos para mantener la homogeneización. Las galaxias están tan alejadas una de otra que siempre retendrán su individualidad cultural.

En todo caso, para poseer homogeneización cultural con el grupo más próximo de galaxias como la nuestra, y empeñarnos en un centenar de intercambios de mensajes se necesitaría un tiempo superior a la edad del Universo. Esto no es excluir largos mensajes individuales de una galaxia a otra. Puede ser que enormes cantidades de información, por ejemplo –sobre la historia de una federación galáctica– quizá sean conocidas para civilizaciones de otras galaxias. Pero no habrá tiempo suficiente para diálogos. Como máximo, sería posible un intercambio entre las más distantes galaxias en el Universo. Dos intercambios de información a la velocidad de la luz necesitarían más tiempo del que existe, de acuerdo con la moderna cosmología.

Concluimos que no puede haber una red fuertemente coherente de comunicación, unificando inteligencias a través de todo el Universo si: 1) tales civilizaciones galácticas implican evolución hacia arriba de sociedades individuales planetarias; y 2) la velocidad de la luz es indudablemente un límite fijo en la velocidad de transmisión de información como la relatividad especial requiere (es decir, si ignoramos ciertas posibilidades como la de usar agujeros negros para el transporte rápido: véase capítulo 39). Esta inteligencia universal es una especie de dios que no puede existir.

En cierta forma, san Agustín y otros teólogos han llegado a la misma conclusión: Dios no debe vivir en uno a otro momento, sino durante todo el tiempo simultáneamente. Esto es, en cierto sentido, como decir que la relatividad especial no se aplica a Él. Pero los dioses de la supercivilización, quizá los únicos que admiten esta clase de especulación científica, están fundamentalmente limitados. Puede haber tales dioses de galaxias, pero no del Universo como un todo.

36. Entrada al Infinito



Ilustración posterior de *La máquina del tiempo* de H. G. Wells. De Clásicos Ilustrados.

Una de las ideas más penetrantes y fascinantes de la ciencia ficción es el viaje en el tiempo. En *La máquina del tiempo*, el relato clásico escrito por H. G. Wells, y en otras variaciones posteriores de la historia, hay una pequeña máquina construida, normalmente, por un solitario científico en un remoto laboratorio. Se marca en un dial el año que interesa, se sube a la máquina, se presiona un botón, y al instante, aquí está el pasado o el futuro. Entre los dispositivos comunes que aparecen en todos los relatos del viaje en el tiempo están las paradojas lógicas que acompañan al hecho de encontrarse a sí mismo hace varios años, en el pasado; suprimiendo un antecedente lineal, hereditario; interfiriendo directamente con importantes acontecimientos históricos ocurridos en los últimos milenios; o pisando accidentalmente una mariposa precambriana, siempre se está cambiando toda la historia subsiguiente de la vida.

Tales paradojas lógicas no se dan en los relatos sobre el viaje en el futuro. Excepto el elemento nostalgia –el deseo que todos sentimos de revivir o reivindicar algunos elementos del pasado–, un viaje hacia delante del tiempo seguramente es tan emocionante como el hecho de retroceder en el tiempo. Sabemos muchas cosas sobre el pasado, pero nada sobre el futuro. Los viajes hacia este último poseen un mayor grado de emoción y hasta de excitación intelectual que no tienen los que podríamos calificar de viajes hacia atrás, es decir de retroceso en el tiempo.

No cabe la menor duda de que el viaje hacia el futuro es posible: lo realizamos todos los días, a cada instante, al envejecer normalmente. Pero hay otras posibilidades más interesantes. Todo el Mundo ha oído hablar, e incluso hoy día hay mucha gente que la entiende, sobre la teoría de la relatividad de Einstein. Fue el genio de Einstein el que sometió nuestros usuales puntos de vista acerca del espacio, tiempo y simultaneidad, a un profundo y lógico análisis, que pudo haberse efectuado hace ya dos siglos. Pero la relatividad especial requería, para su descubrimiento, una mente que estuviera totalmente alejada de los prejuicios convencionales y ciega adhesión a las creencias predominantes; por supuesto, rara inteligencia en cualquier época.

Algunas de las consecuencias de la relatividad especial son contraintuitivas en el sentido de que no corresponden a lo que todo el Mundo ve observando cuanto les rodea. Por ejemplo, la teoría dice que una vara de medir se contrae en la dirección en que se mueve. Cuando uno avanza, andando, adelgaza en la dirección en que avanza, pero no a causa de una pérdida de peso. En el momento en que uno se detiene, inmediatamente recupera su dimensión corporal normal. En forma parecida, cuando corremos tenemos más peso, más solidez, que cuando permanecemos inmóviles. Estas proposiciones parecen estúpidas e incluso quizás absurdas, porque la magnitud del efecto es demasiado pequeño para medirlo a velocidades de impulso. Pero si fuésemos capaces de movernos a la velocidad de la luz (300000 km por segundo), estos efectos serían manifiestos. De hecho, los costosos sincrotrones –máquinas para acelerar partículas cargadas muy cerca de la velocidad de la luz– tienen en cuenta estos efectos y trabajan solamente porque ocurre que es correcta la relatividad especial. La razón de que estas consecuencias de la relatividad parezcan contraintuitivas es que no estamos acostumbrados a viajar a la velocidad de la luz. Y no es que le ocurra nada malo al sentido común; el sentido común ocupa perfectamente su lugar.



Hay una tercera consecuencia de la relatividad, un efecto raro e importante sólo cerca de la velocidad de la luz: el fenómeno llamado dilatación del tiempo. Si nos moviésemos próximos a la velocidad de la luz, el tiempo, tal y como se puede medir con nuestro reloj de pulsera o mediante los latidos del corazón, transcurriría más lentamente que el de un reloj comparable, pero estacionario. Además, ésta no es una experiencia de nuestra vida diaria, sino que es una experiencia de partículas nucleares que poseen relojes en su interior (sus tiempos de declinación o decadencia) cuando se mueven a la velocidad de la luz o más bien próximas a esta última. La dilatación del tiempo es una realidad medida y refrendada del Universo en que vivimos.

La dilatación del tiempo implica la posibilidad de viajar en el tiempo hacia el futuro. Un vehículo espacial que pudiera moverse arbitrariamente próximo a la velocidad de la luz condiciona el tiempo medido en el vehículo para moverse tan lentamente como se desee. Por ejemplo, nuestra galaxia tiene un diámetro de aproximadamente unos sesenta mil años-luz. A esta velocidad, dicho vehículo tardaría sesenta mil años en cruzar de un extremo a otro de la Galaxia. Pero este tiempo se mide, por supuesto, por un observador estacionario. Un vehículo espacial capaz de avanzar casi a la velocidad de la luz atravesaría la Galaxia de un lado, a otro en menos del tiempo que se atribuye a una vida humana. Con el vehículo idóneo, podríamos circunnavegar la Galaxia y regresar casi doscientos mil años más tarde, tal y como se mide en la Tierra. Naturalmente, nuestros amigos y parientes habrían cambiado un poco en este intervalo, como habría ocurrido con nuestra sociedad y es probable que hasta con nuestro planeta.

De acuerdo con la relatividad, incluso es posible circunnavegar todo el Universo dentro del período de tiempo de una vida humana, regresando a nuestro planeta muchos miles de millones de años en el futuro. De acuerdo con la relatividad, no hay la menor perspectiva o esperanza de viajar a la velocidad de la luz y ni tan siquiera acercarnos a semejante medida. Y tampoco hay posibilidad de viajar retrocediendo en el tiempo; simplemente podemos reducir el tiempo, pero no detenerlo o hacerlo retroceder.

Los problemas de ingeniería que implican la construcción de vehículos espaciales capaces de desarrollar tales velocidades, son enormes. El *Pioneer 10*, el ingenio más rápido fabricado por el hombre, y que ha podido abandonar nuestro Sistema Solar, viaja a una velocidad diez mil veces menor que la de la luz. Así pues, el viaje hacia el futuro no es, ni muchísimo menos, perspectiva inmediata, pero sí concebible para la avanzada tecnología de planetas de otras estrellas.

Aún hay otra posibilidad que debe mencionarse: es una perspectiva que, sin duda, encierra más especulación. Al final de sus tiempos de vida, las estrellas que tengan una masa 2.5 veces mayor que nuestro Sol sufrirán un colapso tan poderoso que no habrá fuerzas conocidas que puedan evitarlo. Las estrellas provocan una especie de pliegue o arruga en la tela sideral –más bien un «orificio o agujero negro»– en el cual desaparecen. La física de los agujeros negros no compromete la teoría de la relatividad de Einstein; sí implica muchas más dificultades a la teoría general de la relatividad. La física de los agujeros negros –particularmente de los agujeros negros que giran– se entiende en la actualidad bastante mal. Sin embargo, existe una conjetura que no se puede rechazar y que vale la pena anotar: Los agujeros negros

pueden ser una especie de paso o aberturas al Infinito, a algo desconocido incluso para la mente humana. Si nos lanzáramos al interior de uno de estos agujeros, seguramente, y así se especula, emergeríamos en otro lugar del Universo y en otra época en el tiempo. No sabemos si es posible alcanzar esta parte del Universo más rápidamente atravesando un agujero negro, que siguiendo la ruta normal. Ignoramos si es posible viajar en el pasado lanzándonos al interior de uno de estos agujeros negros. Las paradojas que implicaría esta última posibilidad podrían emplearse en contra de semejante probabilidad, pero en realidad no lo sabemos.

Hasta ahora, todo cuanto sabemos, o creemos saber, es que los agujeros negros son los canales de transporte de civilizaciones tecnológicamente avanzadas, quizá canales tanto en el tiempo como en el espacio. Hay un gran número de estrellas que poseen una masa 2.5 veces mayor que la del Sol; suponemos que todas ellas deben convertirse en agujeros negros durante su evolución relativamente rápida.

Los agujeros negros pueden ser entradas al País de las Maravillas. ¿Habría allí Alicias o conejos blancos?

### 37. Habitantes de las estrellas - 1. Una fábula



La nebulosa Trífida, una densa nube de polvo y gas, fuera de la cual se están formando brillantes estrellas. Cortesía del Steward Observatory, University of Arizona.

Sucedió una vez, hace diez o quince mil millones de años, que el Universo no tenía forma. No había galaxias. No había estrellas. No había planetas. Y no había vida. Reinaba la obscuridad sideral. El Universo era hidrógeno y helio. La explosión del Big Bang había acabado y los fuegos de aquel acontecimiento titánico –bien la creación del Universo, o bien las cenizas de una anterior encarnación del mismo– tronaban débilmente a través de los corredores del espacio.

Pero los gases de hidrógeno y helio no se hallaban adecuadamente distribuidos. Aquí y allá, en la gran obscuridad, por accidente, se amontonaba una cantidad de gas mayor que la regular. Tales grupos gaseosos aumentaban de manera imperceptible a costa de lo que les rodeaba, atrayendo gravitacionalmente cada vez más y más cantidades de gas cercano. A medida que estas acumulaciones de gas aumentaron en su masa, sus partes más densas, gobernadas por las inexorables leyes de la gravitación y de conservación del momento angular, se contrajeron haciéndose más compactas, a la vez que giraban cada vez a más velocidad. En el interior de estas grandes bolas giratorias y remolinos de gas, se condensaban fragmentos más pequeños de una mayor densidad; estos fragmentos se hicieron pedazos, formando miles de millones de contraídas bolas de gas más pequeñas.

La contracción condujo a violentas colisiones de los átomos en los centros de las bolas de gas. Las temperaturas se hicieron tan altas que los electrones se desprendieron de los protones en los átomos de hidrógeno constituyentes. Como los protones tienen cargas eléctricas positivas, se rechazan mutuamente. Pero con el tiempo las temperaturas en los centros de las esferas de gas llegaron a ser tan grandes que los protones chocaron con extraordinaria energía, una energía tan enorme que se llegó a penetrar la barrera de rechazo eléctrico que rodea al protón. Una vez producida esta penetración, las fuerzas nucleares –las que mantienen unidos el núcleo de los átomos– se pusieron en marcha. Del gas de hidrógeno simple se formó el átomo más cercano en complejidad, el helio. En la síntesis de un átomo de helio entre cuatro átomos de hidrógeno, hay una pequeña cantidad en exceso de energía sobrante. Esta energía, atravesando la esfera de gas, alcanzó la superficie y se irradió al espacio. La esfera de gas se encendió y se formó la primera estrella. Hubo luz en la faz celestial.

Las estrellas evolucionaron durante miles de millones de años, transformándose lentamente el hidrógeno en helio en sus profundos interiores, convirtiendo a la vez la diferencia de masa en energía, e inundando de luz los cielos. En aquellos momentos no había planetas que recibieran la luz, y ninguna forma de vida admiraba el resplandor del cielo.

La conversión de hidrógeno en helio no pudo continuar de modo indefinido. Por último, en los ardientes interiores de las estrellas donde las temperaturas eran suficientemente altas como para vencer a las fuerzas de rechazo eléctrico, se consumió todo el hidrógeno. Se atizó el fuego de las estrellas. Las presiones interiores ya no pudieron soportar el enorme peso de las superpuestas capas de las estrellas. Entonces las estrellas continuaron su proceso de colapso, que había sido interrumpido mil millones de años antes por los fuegos nucleares.

Al producirse una mayor contracción, se alcanzaron temperaturas más elevadas, temperaturas tan altas que los átomos de helio –cenizas de épocas anteriores de reacción nuclear– se convirtieron en útiles como combustible estelar. En el interior de las estrellas se dieron reacciones nucleares más complejas, a la vez que las estrellas aparecían como hinchadas, como estrellas gigantes y rojas.

El helio se convirtió en carbono, el carbono en oxígeno y magnesio, el oxígeno en neón, el magnesio en silicio, el silicio en azufre, y hacia arriba a través de la escala de la tabla periódica de los elementos, una masiva alquimia estelar. Grandes y complicados laberintos de reacciones nucleares formaron algunos núcleos. Otros se unieron para formar núcleos mucho más complejos. Y otros se fragmentaron o combinaron con protones para formar núcleos sólo ligeramente más complejos.

Pero la gravedad en la superficie de las estrellas gigantes es baja, porque las superficies se desarrollaron a partir de los interiores. Las capas exteriores de las gigantes rojas se disiparon lentamente en el espacio interestelar, enriqueciendo al vacío entre las estrellas con carbono, oxígeno, magnesio y hierro, y con todos los elementos más pesados que el hidrógeno y el helio. En algunos casos, las capas exteriores de la estrella se desprendían como si fuesen las sucesivas telas de una cebolla. En otros casos, una colosal explosión nuclear sacudió a la estrella lanzando al espacio a inmensa velocidad la parte más exterior de la misma. Bien por fuga o explosión, por disipación lenta o rápida, el material estelar se expandió al espacio como fino gas del que se habían formado las estrellas.

Pero aquí ya estaban naciendo generaciones posteriores de estrellas. Una vez más, las condensaciones del gas trazaron sus piruetas de gravitación para más tarde convertirse en estrellas. Pero estas nuevas y segundas generaciones estelares se enriquecieron en elementos pesados, patrimonio de sus precedentes. Entonces, al formarse nuevas estrellas, también se formaron cerca de ellas más condensaciones pequeñas, condensaciones demasiado pequeñas como para producir fuegos nucleares y convertirse en estrellas. Eran pequeñas agrupaciones de materia fría, muy poco densas, que se formaban lentamente a causa de la rotante nube, para ser iluminadas más tarde por los fuegos nucleares que ellas no habían podido generar. Estas agrupaciones de poca importancia se convirtieron en planetas: algunos, gigantes y gaseosos, compuestos en su mayor parte por hidrógeno y helio, fríos y alejados de su estrella madre; otros, más pequeños y más calientes, perdiendo el conjunto de su hidrógeno y helio a causa de una lenta fuga al espacio, formaron una clase diferente de planeta, rocoso, metálico y con superficie dura.

Estos restos cósmicos más pequeños, congelándose y calentándose, liberaron pequeñas cantidades de gases enriquecidos con hidrógeno, atrapado en sus interiores durante el proceso de formación. Algunos gases se condensaron en la superficie formando las primeras atmósferas –atmósferas diferentes a la actual de la Tierra, compuestas por metano, amoníaco, sulfuro de hidrógeno, agua e hidrógeno–, una desagradable e insoportable atmósfera para los seres humanos. Pero ésta no es todavía una historia sobre seres humanos.

La luz estelar cayó sobre esta atmósfera. El Sol impulsó y dirigió las tormentas produciéndose truenos y relámpagos. Los volcanes entraron en erupción y la lava ardiente calentó la atmósfera cerca de la superficie. Estos procesos destruyeron las moléculas de una atmósfera primitiva. Pero los fragmentos se unieron para formar

moléculas cada vez más complejas, cayendo en los primeros océanos, y allí, relacionándose unas con otras, desplomándose por casualidad sobre terrenos arcillosos, en vertiginoso proceso de rotura, de resíntesis, de transformación, moviéndose lentamente hacia moléculas de una mayor complejidad, obedeciendo a las leyes de la física y la química. Al cabo del tiempo, los océanos alcanzaron consistencia de un caldo diluido y cálido.

Entre las numerosas especies de moléculas orgánicas complejas que se formaban y disipaban en este caldo, surgió, cierto día, una molécula perfectamente capaz de formar copias de sí misma –una molécula que dirigía débilmente los procesos químicos de su vecindad para producir moléculas como ella–, una molécula patrón, una molécula heliográfica, una molécula autorreproductora. Esta molécula no era muy eficiente. Sus copias eran inexactas. Pero muy pronto obtuvo significativa ventaja sobre las otras moléculas en las tempranas aguas. Las moléculas que no podían copiarse a sí mismas no lo consiguieron. Las que podían hacerlo sí lo hicieron. El número de moléculas aumentó así considerablemente.

A medida que transcurría el tiempo, el proceso de copia se fue haciendo más exacto. Otras moléculas se reprocessaron en las aguas para formar piezas de rompecabezas que se adaptaron a las moléculas que producían copias. La pequeña ventaja, la imperceptible ventaja estadística de las moléculas que podían copiarse a sí mismas, se transformó pronto en proceso dominante en los océanos mediante el cálculo de la progresión geométrica.

Surgieron sistemas reproductores cada vez más elaborados. Los sistemas que copiaban mejor producían más copias. Los que copiaban pobremente producían menos copias. Pronto, la mayor parte de las moléculas se organizaron en estructuras moleculares, en sistemas privados. No se trataba de que algunas moléculas llegaran a tener una idea o sentir una necesidad, deseo, o aspiración; simplemente, tales moléculas que producían copias continuaron haciéndolo y muy pronto la superficie del planeta se transformó por el proceso de copia. Con el tiempo, los mares se llenaron de estas moléculas que formaban estructuras, metabolizando, multiplicándose... y repitiendo estos procesos una y otra vez. Luego surgieron sistemas más complicados, las estructuras moleculares comenzaron a actuar moviéndose hacia donde los cimientos de copia eran más abundantes, evitando a las estructuras moleculares que incorporaban a sus vecinos. La selección natural llegó a ser un tamiz molecular, eligiendo las combinaciones de moléculas mejor dotadas para una posterior multiplicación.

Mientras tanto, se establecían los cimientos, los alimentos, las piezas para copias posteriores, principalmente mediante la luz solar, los relámpagos y los truenos, todo ello guiado por la cercana estrella. Los procesos nucleares en el interior de las estrellas fueron los que dieron impulso a los procesos planetarios que condujeron a una vida sostenida.

A medida que se fueron agotando los alimentos, surgió de nuevo una nueva especie de estructura molecular capaz de producir principios moleculares internos, lejos del agua, del aire y de la luz del Sol. A los primeros animales se unieron las primeras plantas. Los animales se convirtieron en parásitos de las plantas como ya lo habían sido en un principio en el maná estelar caído de los cielos. Las plantas cambiaron lentamente la composición de la atmósfera; el hidrógeno se perdió en el espacio, el

amoníaco se transformó en nitrógeno y el metano en anhídrido carbónico. Por primera vez, se producía el oxígeno en la atmósfera en cantidades importantes, el oxígeno, un gas venenoso capaz de convertir todas las moléculas orgánicas autocopiadoras en gases simples como el agua y el anhídrido carbónico.

Pero la vida tropezó con este supremo reto. En algunos casos horadando o minando hacia medios ambientes en los cuales el oxígeno estaba ausente, pero –en las variantes de más éxito– evolucionando no sólo para que sobreviviese el oxígeno, sino también para usarlo en el más eficaz metabolismo de alimentos.

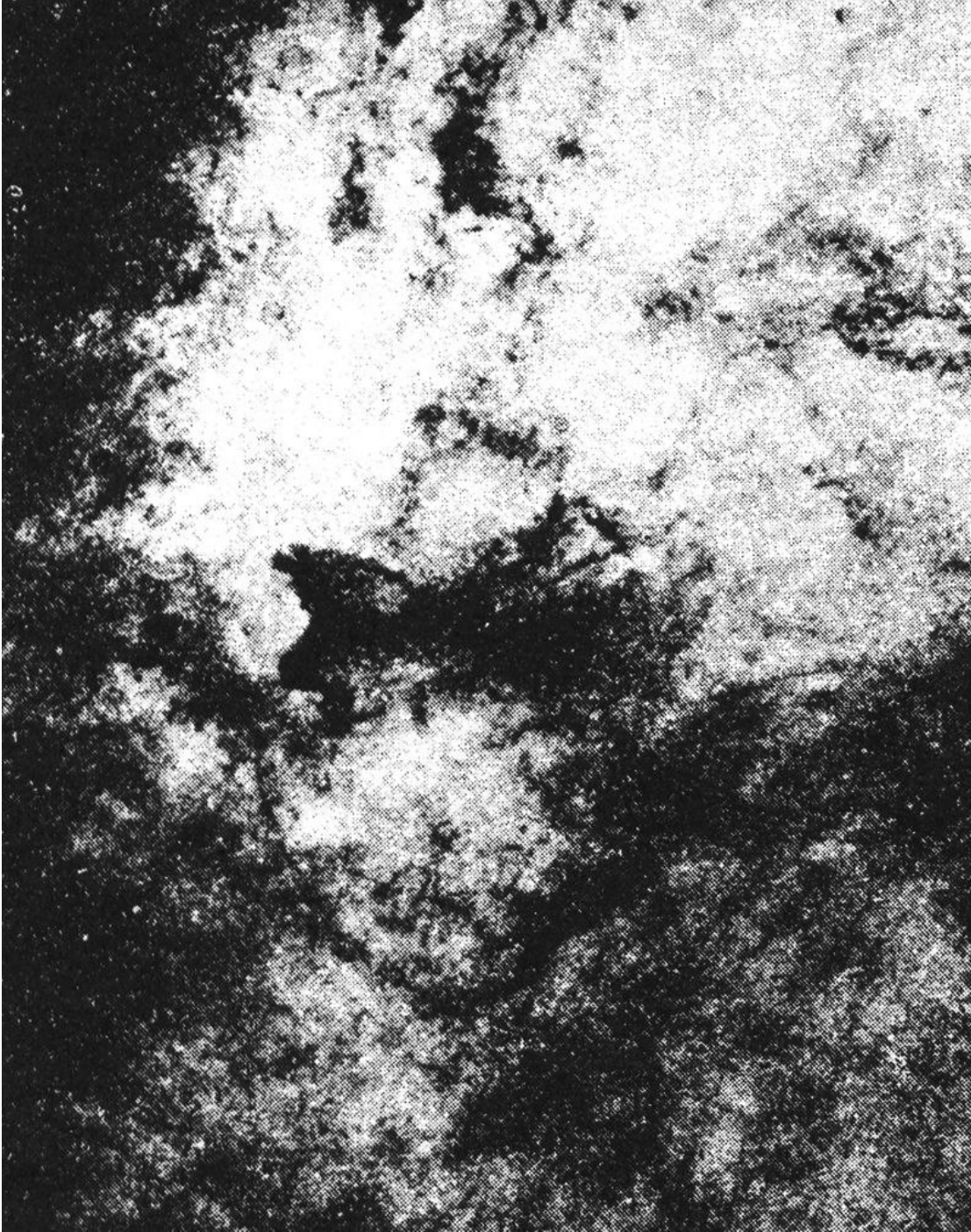
Evolucionaron el sexo y la muerte procesos que aumentaron notablemente el proceso de selección natural. Algunos organismos evolucionaron en sus partes duras, crecieron y sobrevivieron en el terreno. Se aceleró el proceso de producción de formas mucho más complejas. Evolucionó también el vuelo. Enormes bestias de cuatro patas atronaban las humeantes selvas. Surgían pequeñas bestias y sobrevivían entre astucias y rapidez de la vida en períodos que se iban acrecentando cada vez más.

Mientras tanto, el clima también variaba. Ligeros cambios en la producción de luz solar, movimiento orbital del planeta, nubes, océanos y casquetes polares, todo ello provocaba cambios climáticos aniquilando así grupos enteros de organismos y provocando la formidable proliferación de otros grupos al principio insignificantes.

Y entonces... la Tierra se enfrió un tanto. Los bosques iniciaron su retirada. Pequeños animales arborícolas descendían de los árboles para buscarse un modo de vida en las llanuras. Se irguieron y usaron herramientas. Se comunicaban produciendo en el aire ondas de comprensión con sus órganos de respiración y nutrición. Descubrieron que el material orgánico a temperatura suficientemente alta se combinaba con el oxígeno atmosférico para producir el plasma ardiente y estable llamado fuego. Mediante una interacción social, se aceleró el aprendizaje post partum. Se desarrolló la caza comunal, se inventó la escritura, las estructuras políticas, la superstición y la ciencia, la religión y la tecnología.

Y entonces, un día, llegó una criatura cuyo material genético no era muy diferente de las estructuras moleculares reproductoras de cualquier otra clase de organismos del planeta, que dicha criatura llamó Tierra. Pero era capaz de reflexionar sobre el misterio de su origen, de estudiar el extraño y tortuoso sendero por el cual había surgido desde la materia estelar. Era el material del Cosmos contemplándose a sí mismo. Consideró la enigmática y problemática cuestión de su futuro. Se llamó a sí mismo hombre. Y ansió regresar a las estrellas.

### 38. Habitantes de las estrellas - 2. Un futuro



Densas nubes estelares en dirección a la constelación de Sagitario, hacia el centro de la Galaxia. Las oscuras sendas son nubes de polvo donde se están formando moléculas orgánicas complejas. Entre estas estrellas hay algunas que nacen, y otras, que mueren. En el espacio captado por esta fotografía, probablemente hay innumerables planetas habitados, que giran alrededor de las estrellas. Cortesía de Hale Observatories.



La historia del capítulo anterior es una especie de fábula científica. Es más o menos lo que los científicos modernos creen basándose en cuantas pruebas tienen a mano. Es el esbozo de la aparición del hombre, un proceso que pasó por miles de millones de años, por la física nuclear y la gravitación, por la química orgánica y por la selección natural. El capítulo anterior nos cuenta cómo se generó el material de que estamos hechos en otro lugar y en otro tiempo, en los interiores de una moribunda estrella hace cinco mil millones de años o más.

Hay tres aspectos de la historia que considero particularmente interesantes. Primero, que el Universo se forma de tal manera como para permitir, ya que no garantizar, que sepamos cuál es el origen de la vida y el desarrollo de criaturas complejas. Es fácil imaginar leyes físicas que no permitirían se unieran adecuadas estructuras moleculares. Pero no vivimos en tales universos. Vivimos en un Universo notablemente adecuado para la vida.

Segundo, que en la fábula no hay un escalón único a nuestro Sistema Solar y a nuestro planeta. Hay 250 mil millones de soles en nuestra Vía Láctea, y miles de millones de otras galaxias en los cielos. Probablemente, la mitad de estas estrellas tienen planetas a distancias adecuadas biológicamente del sol local. Los elementos químicos iniciales para el origen de la vida son las moléculas que más abundan en el Universo. Algo similar a los procesos que en la Tierra condujeron al hombre deben haber tenido lugar miles de millones de otras veces en la historia de nuestra Galaxia. Debe haber otros habitantes.

Por supuesto, los detalles de la evolución no serían los mismos. Incluso si la Tierra se iniciase otra vez y solamente las fuerzas operasen al azar no se produciría nada parecido a un ser humano, porque los seres humanos son el producto final de una senda evolucionista exquisitamente complicada, llena de falsos comienzos, de callejones casi sin salida y de accidentes estadísticos. Pero bien podríamos esperar, ya que no seres humanos, sí organismos que funcionalmente no fuesen muy diferentes a nosotros. Puesto que hay segundas y terceras generaciones de estrellas mucho más viejas que nuestro Sol, debe haber, creo, muchos lugares en la Galaxia donde haya seres mucho más avanzados que nosotros en ciencia y tecnología, en política, ética, poesía y música.

El tercer punto es el más atractivo. Es la íntima conexión que hay o pueda haber entre las estrellas y la vida. Nuestro planeta se formó de los restos o sedimentos del material estelar. Los átomos necesarios para la vida se formaron en el interior de gigantescas estrellas rojas. Estos átomos se unieron forzosamente para formar moléculas orgánicas complejas mediante la luz ultravioleta, truenos y relámpagos, todo ello producido por la irradiación de nuestro vecino Sol. Cuando la provisión de alimento escaseó, se desarrolló la fotosíntesis de las plantas verdes, impulsada de nuevo por la luz solar, la luz solar que casi todos los organismos de la Tierra y, por supuesto, todos nosotros conocemos, y ciertamente se sigue viviendo hoy día gracias a ella. Pero éste no puede ser el final de la fábula. Nuestro Sol se está aproximando a su mediana edad. Quizás aún le queden de vida otros cinco mil millones o diez mil millones de años, de vida estelar, se entiende.

¿Y qué hay sobre la vida en la Tierra y el hombre? También, que sepamos, tienen un futuro. Y si no, hay miles de millones de otras estrellas y probablemente miles de

millones de otros planetas deshabitados en nuestra Galaxia. ¿Cuál es la acción recíproca entre las estrellas y la vida?

La muerte de las estrellas está llevando a los astrónomos a inesperados y casi irreales paisajes celestes. Uno de éstos es la explosión supernova, la angustia de muerte de una estrella ligeramente más sólida que nuestro Sol. En el breve período de unas semanas o, probablemente, de unos meses, tal explosiva estrella puede llegar a ser mucho más brillante que el resto de la galaxia en la cual reside. En una supernova, los elementos como el oro y el uranio se generan del hierro. Las supernovas son la tan buscada piedra filosofal, convirtiendo los metales básicos en preciosos.

Habiendo expulsado la mayor parte de su material estelar –destinado, parte de él, a ulteriores formaciones de nuevas estrellas, planetas y vida–, la estrella se dispone a disfrutar tranquilamente de una pacífica vejez, con sus fuegos extinguidos, como una enana blanca. Una enana blanca está constituida de materia en un estado que los físicos, sin ninguna imputación moral, llaman degenerado. Los electrones se desprenden del núcleo de átomos. Los escudos protectores de la electricidad negativa se desmontan. El núcleo puede unirse mucho más, lo que trae como consecuencia un estado de extraordinaria densidad. La materia degenerada pesa aproximadamente una tonelada por dedal. Algunas enanas blancas, consideradas adecuadamente, son grandes cristales estelares capaces de soportar el peso de las capas superpuestas de la estrella. Algunas enanas blancas son principalmente carbono. Podemos hablar de una estrella hecha de diamante.

Pero en cuanto se refiere a estrellas más sólidas, las enanas blancas –con sus brasas apagándose lentamente, reduciéndose a enanas negras– no son el estado final. La materia degenerada no puede soportar el peso de una estrella de mayor masa, y, en consecuencia, sigue otro ciclo de contracción estelar, aplastándose la materia para formar densidades cada vez más increíbles, hasta que se presenta un nuevo orden de física, hasta que una nueva fuerza surge para detener el colapso estelar. Solamente hay una fuerza conocida, con esta amplitud: es la fuerza nuclear que mantiene unido el núcleo del átomo. Esta fuerza nuclear es responsable de la estabilidad de los átomos, y, por tanto, de toda la química y biología. También es responsable de las reacciones termonucleares en el interior de las estrellas que hacen brillar a éstas y que, por ello, de forma completamente diferente, impulsa la biología planetaria

Imaginemos una estrella más o menos parecida al Sol, pero un poco más sólida, ya cerca del fin de sus días de convertir el núcleo simple en otro más complejo. Produce la última serie de reacciones nucleares complejas que es capaz de producir, y luego sufre el colapso. Cuando su tamaño se reduce, gira más y más rápidamente y tan sólo cuando su interior se hace comparable a la densidad de la materia dentro del núcleo atómico es cuando se detiene el colapso. Es una simple cuestión de física elemental calcular en que etapa se detendrá el colapso. Termina cuando la estrella tiene un par de kilómetros de diámetro y gira diez veces por segundo.

Tal objeto es una estrella de neutrones que gira rápidamente. En verdad, es un núcleo atómico gigantesco que mide dos kilómetros de diámetro. La materia de la estrella de neutrones es tan densa que una partícula suya –apenas visible– pesaría

un millón de toneladas. La Tierra no sería capaz de soportarla. Un trozo de materia de estrella neutrón, si pudiera transportarse a la Tierra sin romperse, se hundiría sin el menor esfuerzo atravesando la corteza, manto y núcleo de nuestro planeta como si fuera una hoja de afeitar que cortara mantequilla.

Tales estrellas neutrón eran productos teóricos, fruto de la imaginación de físicos especulativos, hasta que se descubrieron los pulsars. Los pulsars son fuentes de emisión de radio. Algunos de ellos están asociados con antiguas explosiones de supernovas. Nos parpadean como si el rayo de la luz de algún faro cósmico nos iluminara diez veces por segundo. Los detalles de la emisión de los pulsars se entienden mejor si son las estrellas de neutrones de la fábula. A causa de la pérdida de energía al espacio que observamos, el índice de rotación de una estrella de neutrones aislada debe declinar lentamente, aun cuando sea un cronómetro estelar de extraordinaria exactitud. La decadencia observada en los períodos pulsar es aproximadamente lo que se esperaba de la física de la estrella de neutrones.

El primer pulsar que se descubrió fue llamado por sus descubridores, un tanto burlonamente, LGM-1. Las siglas LGM corresponden a la frase «pequeños hombres verdes» [«little green men»]. ¿Era, se preguntaban, un fanal o faro de una civilización extraterrestre avanzada? Mi propio punto de vista, cuando oí hablar por vez primera de los pulsars, fue que eran perfectos fanales de navegación interestelar, la clase de señalizadores que una sociedad espacial interestelar situaría en la galaxia para orientarse en el tiempo y el espacio en sus viajes. Ahora hay muy pocas dudas de que los pulsars son estrellas de neutrones. Pero no excluiría la posibilidad de que si hay sociedades viajeras interestelares, los pulsars naturalmente formados se usan como luces de situación para la navegación y con propósitos de comunicación.

Aún no se ha entendido el estado de la materia del interior de tales estrellas de neutrones. No sabemos si una corteza de superficie conteniendo una celosía de cristal neutrón cubre un núcleo de neutrones líquidos. Si el núcleo fuera sólido, serían de esperar seísmos estelares, una desviación de la materia bajo enormes esfuerzos en el interior de la estrella. Tales seísmos producirían un cambio intermitente en el período de rotación de la estrella neutrón. Se observan tales cambios llamados centelleos.

Algunos se sintieron decepcionados al saber que los pulsars eran estrellas de neutrones y no canales de comunicación de radio interestelar. Pero los pulsars no dejan de ser interesantes. Sin duda alguna, una estrella más sólida que el Sol, que se adapta a una esfera que mide 2 km de diámetro y que gira diez veces por segundo, es, en cierto sentido, mucho más rara que una civilización mucho más avanzada que nosotros en el planeta de otra estrella.

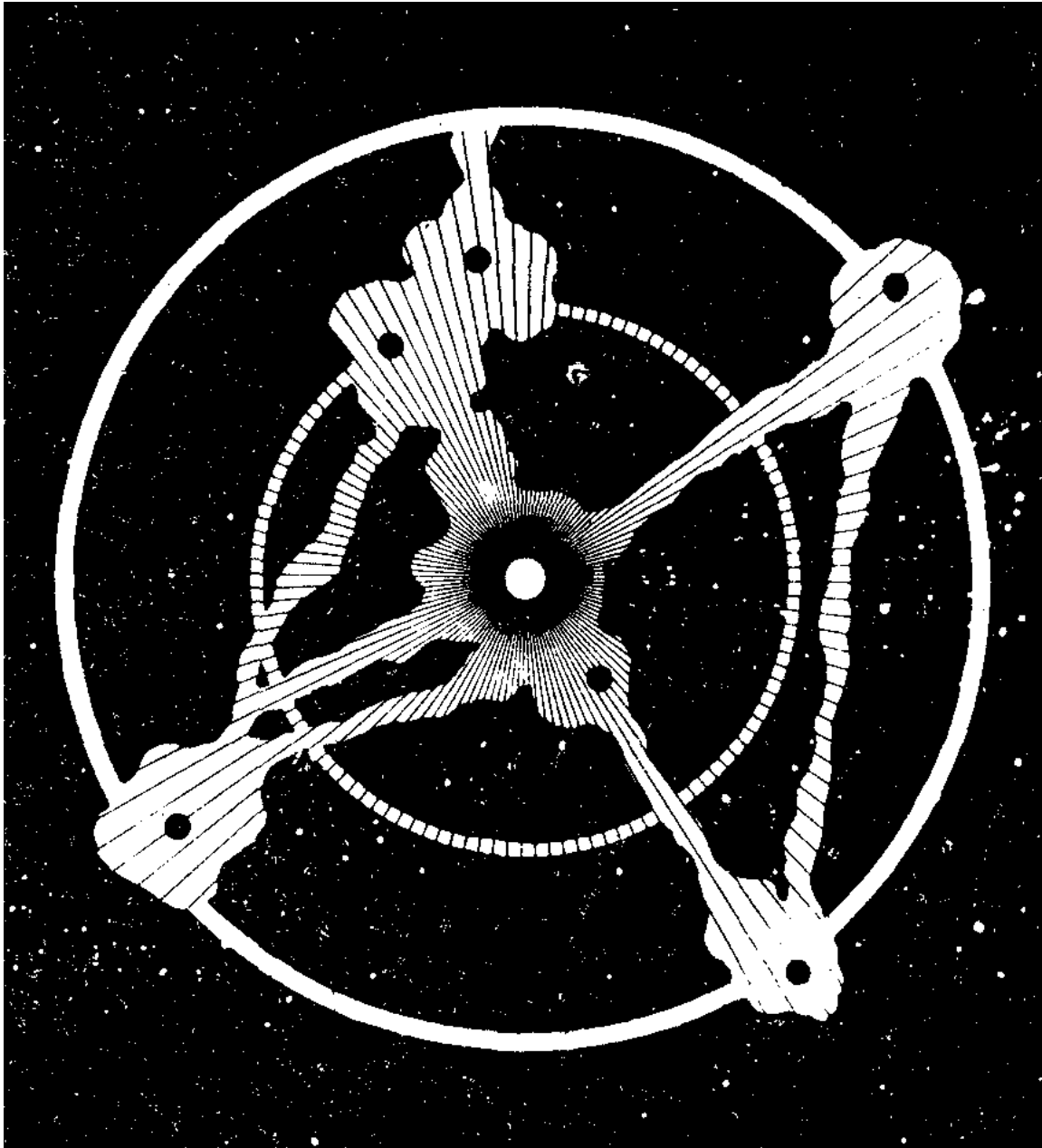
Pero hay otra forma más profunda en la que las estrellas de neutrones y las explosiones supernova están relacionadas con la vida. En una explosión supernova, como hemos mencionado anteriormente, se expulsan enormes cantidades de átomos desde la superficie de la estrella al espacio interestelar. En el caso de las estrellas de neutrones, y a causa de su rápida rotación, hay una zona no muy lejos de su superficie que gira casi a la velocidad de la luz. Las partículas saltan desde esa zona a tan alta velocidad que ha de tenerse muy en cuenta la teoría de la relatividad para describirlas. Tanto las explosiones supernova como las estrellas de

neutrones en su zona de alta velocidad deben producir rayos cósmicos, partículas cargadas muy rápidamente (en su mayor parte protones, pero conteniendo los restantes elementos también), que llenan el espacio entre las estrellas.

Los rayos cósmicos caen en la atmósfera de la Tierra. Las partículas menos energéticas son absorbidas por la atmósfera o desviadas por el campo magnético de la Tierra. Pero las partículas más energéticas, las que fueron producidas por estrellas de neutrones o supernovas, llegan a la superficie de la Tierra. Y aquí chocan con la vida. Algunos rayos cósmicos penetran a través del material genético de formas de vida en la superficie de nuestro planeta. Estos imprevisibles rayos cósmicos producen cambios, mutaciones, en el material hereditario. Las mutaciones son variaciones en lo que podríamos llamar heliografía, instrucciones hereditarias, contenidas en nuestras propias moléculas de autorreproducción o copia. Igual que si un reloj de buena calidad es golpeado con un martillo repetidas veces, el funcionamiento de la vida no mejorará probablemente bajo tales fortuitos porrazos. Pero, como ocurre algunas veces con los relojes o con los aparatos de televisión, un golpe aplicado al azar mejora su funcionamiento. Resulta perjudicial el vasto conjunto de mutaciones, pero la pequeña fracción de las mismas que son una mejora proporcionan las primeras materias para el avance de la evolución. La vida llegaría a un callejón sin salida al carecer de mutación. Así, en otra forma, la vida en la Tierra está íntimamente ligada a los acontecimientos estelares. Los seres humanos están aquí a causa de los paroxismos que se dan en las estrellas situadas a miles de años-luz de distancia.

El nacimiento de estrellas genera los semilleros planetarios de la vida. Las vidas de las estrellas proporcionan la energía de la que depende la vida. Las muertes de las estrellas producen las herramientas para el continuo desarrollo de la vida en otros lugares de la Galaxia. Si hay en los planetas de las estrellas moribundas seres inteligentes incapaces de huir de su destino, al menos podrán consolarse con el pensamiento de que la muerte de su estrella, el acontecimiento que provocará su propia muerte o extinción proporcionará, sin embargo, los medios de un progreso biológico continuado de la vida en un millón de otros mundos.

### 39. Habitantes de las estrellas - 3. Los gatos de Cheshire cósmicos



La unificación del Cosmos: hipotético sistema de tránsito rápido en los agujeros negros. Por Jon Lomberg.

La estrella de neutrones no es el habitante más raro del bestiario estelar. Una estrella que posee una masa tres veces mayor que la de nuestro Sol es demasiado grande incluso para que las fuerzas nucleares detengan su colapso. Una vez se inicia éste, no hay nada que lo detenga. La estrella se contrae hasta alrededor de 2 km y continúa contrayéndose. El campo de gravitación cercano a esta estrella

moribunda continúa aumentando. Por último, la gravedad es tan fuerte que no solamente la materia es incapaz de abandonar la estrella, sino que también queda atrapada la luz. Un fotón que viaje a la velocidad de la luz alejándose de la estrella, está obligado a seguir una trayectoria curva y caer de nuevo sobre la estrella, como sucede con la gravedad de la Tierra, que es demasiado potente para que cualquiera de nosotros pueda arrojar una piedra a velocidad de escape. Tales estrellas son demasiado sólidas incluso para que escapen los fotones. En consecuencia, son oscuras. No se pueden ver directamente porque no emanan ninguna luz. Están presentes gravitacionalmente, pero no en el aspecto óptico. Se llaman «agujeros negros». Son bestias emparentadas con la sonrisa del gato de Cheshire. Son estrellas enormes que han dejado de parpadear, pero todavía están allí.

Los agujeros negros son, básicamente, conceptos teóricos. Puede que no sean más que esto y que tampoco sean tan encantadores como los elfos de la Tierra Media. Pero probablemente están allí. De hecho, gran parte de la masa de la Galaxia puede residir, no en estrellas que no vemos ni en el gas o polvo que hay entre las estrellas, sino más bien en los agujeros negros que llenan la Galaxia como si fueran los agujeros de un queso Emmenthaler.

Puede haber sido descubierto el primer agujero negro. Cygnus X-1 es una fuente, que varía rápidamente, de rayos X, luz visible, y ondas de radio. Su emisión de rayos X fue captada por el satélite de la NASA, UHURU, lanzado desde un complejo de lanzamiento italiano cerca de la costa de Kenia. Todos los indicios señalan a Cyg X-1 como estrella binaria, dos estrellas que giran una alrededor de la otra en intrincado vals. Por el movimiento de una estrella que vemos, podemos deducir la masa de la que no vemos. Resultó ser una estrella de enorme masa, quizá diez veces la de nuestro Sol. Tal estrella normalmente debería ser muy brillante, pero no se la ve en absoluto. La estrella brillante en Cyg X-1 gira alrededor de un objeto masivo que está presente gravitacional, pero no ópticamente. Es muy probable que se trate de un agujero negro situado a una distancia de la Tierra de miles de años-luz.

Puede que tengan su utilidad los agujeros negros. Lo que hasta ahora sabemos de ellos es totalmente teórico, sin probar contra los escépticos standards de la observación. Hay algunas posibilidades raras que se han sugerido en cuanto se refiere a estos agujeros negros. Como no hay forma de salir de un agujero negro, es, en cierto sentido, un Universo aparte.

De hecho, nuestro propio Universo es muy parecido a un vasto agujero negro. Ignoramos qué es lo que hay fuera de él. Esto es verdad por definición, pero también a causa de las propiedades de los agujeros negros. Los objetos que hay en ellos no les pueden abandonar. En sentido un tanto extraño, nuestro Universo se puede llenar con objetos que no están aquí. No son universos separados. No tienen la masa del nuestro. Pero en su separación y en su aislamiento son universos autónomos.

Incluso hay una perspectiva más audaz. Desde un punto de vista especulativo (capítulo 36) un objeto que penetra en un agujero negro rotativo puede surgir en otra parte: en otro lugar, en otro tiempo. Los agujeros negros pueden ser aberturas o pasos a otras galaxias y a épocas remotas. Puede que sean atajos en el espacio y en el tiempo. Si existen tales agujeros en la tela del tiempo-espacio, por supuesto que será cierto que, por ejemplo, una nave espacial podrá usar un agujero negro

para viajar a través del espacio y del tiempo. El obstáculo más serio sería la fuerza de marea ejercida por el agujero negro durante la aproximación, una fuerza que tendería a destrozar cualquier materia. Y aun así, creo que cualquier civilización avanzada podría luchar con éxito en contra de esta terrible fuerza de un agujero negro.

¿Cuántos agujeros negros hay en el cielo? Nadie lo sabe en la actualidad, pero, de acuerdo con algunos cálculos teóricos, nos parece modesta la cantidad de un agujero negro por cada cien estrellas. Puedo imaginar, aunque sea pura especulación, una federación de sociedades en la Galaxia que haya establecido un sistema de rápido tránsito en los agujeros negros. Un vehículo se dirige rápidamente a través de una red de agujeros negros para llegar al agujero negro más cercano a su destino.

En un lugar típico de la Galaxia, cien estrellas se hallan situadas dentro de un volumen de radio de aproximadamente veinte años-luz. Si imaginamos vehículos espaciales adecuados para los viajes cortos –los trenes o lanzaderas locales– se tardaría solamente unos pocos años en ir desde el agujero negro hasta la estrella más lejana del centenar. Un año a bordo de la nave se ocuparía acelerando a aproximadamente 1 g, la aceleración que nos es familiar a causa de la gravedad de la Tierra. Al cabo de un año de 1 g, nos acercaríamos a la velocidad de la luz. Otro año se ocuparía llevando a cabo una aceleración similar a 1 g, al final del viaje. Una galaxia con tal sistema de transporte, un millón de civilizaciones separadas y grandes números de mundos con colonias, grupos de exploración y equipos de trabajo –una galaxia donde se conserve la individualidad de las culturas, pero a la vez manteniendo una común herencia galáctica; una galaxia en la cual los tiempos de los largos viajes hagan difícil el contacto trivial y la red de agujeros negros haga posible el contacto importante– ésa sería una galaxia de fantástico interés.

Imagino en dicha galaxia grandes civilizaciones que se desarrollarían cerca de los agujeros negros, con los planetas lejos de ellos, pero diseñados como mundos-granja, reservas ecológicas, lugares para ir de vacaciones o a divertirse, fabricantes de especialidades, puntos de aislamiento para poetas y músicos, y retiros para todos aquellos a quienes desagrada la vida de las grandes aglomeraciones de gente. El descubrimiento de este tipo de cultura galáctica podría tener lugar en cualquier momento; por ejemplo, mediante señales de radio enviadas a la Tierra por civilizaciones que habitan planetas de otras estrellas. O es posible que tal descubrimiento no se lleve a cabo en muchos siglos hasta que una solitaria nave espacial de la Tierra se aproxime a un agujero negro y allí descubra el usual conjunto de balizas que prohíban la llegada o el paso de naves mal preparadas y descubra también a los funcionarios de inmigración entre cuyos deberes figure explicar a los recién llegados de nuevas civilizaciones todo cuanto se refiere a convenciones y normas de transportes.

La muerte de las estrellas pesadas puede proporcionar los medios de atravesar los actuales límites o fronteras del espacio y del tiempo, haciendo que todo el Universo resulte accesible a la vida, y, en último caso, a unificar el Cosmos.

B.P.DLC.B.



LOS DRAGONES DEL EDÉN  
Especulaciones sobre la evolución de la inteligencia humana  
CARL SAGAN

Este libro no podrá ser reproducido, ni total ni parcialmente, sin el previo permiso escrito del editor. Todos los derechos reservados.

Título original: *The dragons of Edén*

Traducción: Rafael Andreu

Revisión: Doménech Bergadá

©Carl Sagan, 1997

© De esta edición Editorial Planeta DeAgostini. S.A. 2003

© Edición especial para Editorial Televisa. S.A. de C.V. 2003

ISBN: 84-674-0460-4

## Agradecimientos

*Escribir un libro sobre un tema tan alejado de la propia especialidad es, en el mejor de los casos, aventurado. Aun así, como he intentado explicar, la tentación fue irresistible. Sean cuales sean las virtudes de este libro, se deben en gran parte a los hombres de ciencia que han realizado la investigación básica de la que vamos a ocuparnos, y también, a los biólogos y especialistas en ciencias sociales que tuvieron el gesto de leer y dar réplica a mis razonamientos. Estoy muy reconocido al difunto L. S. B. Leakey y a Hans Lukas Teuber por sus comentarios críticos y estimulantes contrastes de opiniones, y también a Joshua Lederberg, James Maas, John Eisenberg, Bernard Campbell, Lester y David Grinspoon, Stephen Jay Gould, William Dement, Geoffrey Bourne, Philip Morrison, Charles Hockett, Ernest Hartmann, Richard Gregory, Paul Rozin, Jon Lomberg, Timothy Ferris y, muy en especial, a Paul MacLean. Aprecio en ¡o que vale la minuciosa atención que algunos de ellos dispensaron a este texto, así como la obtenida de Anne Freedgood, directora editorial de la obra, y de Nancy Inglis, encargada de la revisión de originales, una y otra del equipo editorial de Random House, en la lectura de las primeras redacciones del libro. Creo inútil manifestar que ninguno de ellos tiene parte alguna en los errores que se hayan podido deslizar en mi estudio. Deseo también dar las gracias a Linda Sagan y a Sally Forbes por la labor de documentación realizada en la búsqueda de ilustraciones. Asimismo, quiero agradecer a diversos colegas que me hayan dejado consultar sus trabajos antes de darlos a la luz pública, y a Don Davis la confección de la sobrecubierta de la edición original de esta obra, que no pretende ser representación literal de una época geológica en concreto, sino simple alegoría de algunas de las ideas que expongo en el presente libro. Parte de mi trabajo ha sido posible gracias al año sabático que me ha concedido la Universidad de Cornell. También agradezco muy de veras la hospitalidad recibida de L. E. H. Trainor, M. Silverman, C. Lumsden y Andrew Baines, rector del New College, todos ellos ligados a la Universidad de Toronto. La revista Natural History ha publicado amplios extractos del primer capítulo. Por lo demás, algunos de los conceptos expuestos fueron presentados en un coloquio organizado conjuntamente por el Instituto de Higiene Mental de Massachusetts y el Departamento de Psiquiatría de la Facultad de Medicina de Harvard, y también en una de las conferencias del ciclo que patrocina la Fundación L. S. B. Leakey en el Instituto de Tecnología de California. En la redacción de este libro desempeña un papel importante la labor mecanográfica de Mary Roth y, muy en especial, la meticulosa y reiterada transcripción mecanográfica de los múltiples borradores efectuada por Shirley Arden.*

Me temo que la principal conclusión que se desprende de la lectura de este libro, a saber, que el hombre desciende de una forma orgánica de rango inferior, irritará grandemente a muchas personas. Sin embargo, no cabe duda de que somos la progenie evolucionada de criaturas primitivas. Jamás olvidaré la sensación de pasmo que me invadió al contemplar por vez primera a un grupo de fueguinos en una bravia y desolada zona costera, porque en seguida me vino a la mente la semejanza de nuestros antecesores con aquellos salvajes. Iban completamente desnudos, la piel pintarrajeada, el largo cabello enmarañado y echaban espumarajos por la boca a causa de la turbación que experimentaban. Su semblante, sobresaltado y receloso, tenía expresión de ferocidad. No conocían arte ni oficio alguno y, cual alimañas, vivían de lo que cazaban. No poseían organización social y se mostraban implacables para con todos los que no pertenecieran a su reducida tribu. Quien haya visto a un salvaje en su entorno natural no sentirá excesivo rubor si se ve obligado a reconocer que por sus venas fluye la sangre de criaturas de un orden más bajo. En lo que a mí concierne, prefiero descender del heroico monito que se plantó ante su más temido enemigo para salvar la vida de su cuidador o del viejo babuino que descendió de la montaña y arrebató triunfalmente a un camarada más joven de los dientes de una sorprendida jauría, que de un salvaje que halla placer en torturar a sus enemigos, que ofrece sacrificios sangrientos, comete infanticidios sin el menor escrúpulo, trata a sus mujeres como esclavas, no conoce el decoro y es víctima de las más necias supersticiones.

Al hombre se le puede disculpar que experimente cierto orgullo por haber escalado, aunque no con su esfuerzo, la cúspide de la jerarquía orgánica. Por otra parte, el hecho de que haya ascendido a dicho puesto, de que no se encontrase en él desde un buen principio, le permite concebir esperanzas de alcanzar en un futuro lejano objetivos aún más encumbrados. Pero lo que ahora importa no son las esperanzas ni los temores, sino solamente la verdad, en la medida en que nuestra razón nos permita desvelarla. He procurado presentar las pruebas recogidas lo mejor que he sabido, y en mi opinión, resulta forzoso reconocer que el hombre, a pesar de las nobles cualidades que le adornan, de la compasión que muestra hacia los más menesterosos, de su bondad no sólo para con los otros hombres, sino también para con las criaturas más insignificantes, de su intelecto divino y de que ha llegado a elucidar los movimientos y constitución del sistema solar, a pesar de todo ello, digo, el hombre aún lleva impresa en su estructura corpórea la huella indeleble de su humilde origen.

CHARLES DARWIN, *El origen del hombre*

Hermano soy de los dragones y amigo de las lechuzas  
(Job, 30,29)

## Introducción

En buena lógica, ¿no debería la mente del orador conocer la sustancia del tema sobre el que se dispone a hablar?

PLATÓN, *Fedro*

No sé de un solo tratado, antiguo o moderno, que pueda proporcionarme una explicación convincente del medio físico que me rodea. La mitología es lo que más se acerca a lo que anda buscando.

HENRY DAVID THOREAU, *The Journal*

Jacob Bronowski forma parte del reducido grupo de hombres y mujeres que en el transcurso de la historia se han sentido atraídos y han logrado acceder a toda la gama del saber humano: las letras, las ciencias, la filosofía y la psicología. Bronowski rebasa el ámbito de la especialización en una sola disciplina para sobrevolar el vasto panorama de la erudición humana. Su libro, *The ascent of man*, adaptado también para la televisión, constituye un soberbio instrumento educativo a la par que un notable tributo al pasado. En cierto modo viene a relatarnos la evolución paralela del ser biológico y del ser intelectual.

El último capítulo de la obra y episodio final de la serie televisiva, titulado «La dilatada infancia», hace referencia al vasto periodo de tiempo —mucho más prolongado en los individuos de nuestra especie que en los de cualquier otra si tomamos como referencia la duración total de sus respectivas vidas— en que el niño permanece bajo la dependencia del sujeto adulto y su gran plasticidad, es decir, la capacidad que posee para adaptarse al entorno físico y cultural. Casi todos los organismos terrestres actúan en buena medida conforme al legado genético de que son portadores y que ha sido «previamente transmitido» al sistema nervioso del individuo, siendo la información extragenética recogida en el curso de su vida un factor secundario.

Sin embargo, en el caso del hombre y de los demás mamíferos sucede exactamente lo contrario. Sin desconocer el notable influjo del legado genético en nuestro comportamiento, nuestros cerebros ofrecen muchísimas más oportunidades de establecer nuevos modelos de conducta y nuevas pautas culturales en cortos periodos de tiempo que en cualquier otro ser vivo. Por decirlo de algún modo, hemos concertado un pacto con la naturaleza según el cual el difícil proceso de maduración del niño viene compensado por su capacidad de aprendizaje, lo que incrementa en gran manera las posibilidades de supervivencia de la especie humana. A más abundamiento, el ser humano, en la restringida y más reciente fase de su largo devenir biológico-intelectivo, se ha procurado no sólo información extragenética, sino también conocimientos extrasomáticos, o sea, información acumulada fuera de nuestro cuerpo, fenómeno del que la escritura constituye el ejemplo más significativo. Las transformaciones evolutivas o genéticas se consuman al cabo de extensos periodos de tiempo. Para determinar el intervalo que media entre la aparición de una especie superior a partir de su antecedente podría tomarse como base un periodo de cien mil años; por lo demás, con frecuencia las diferencias de comportamiento entre especies animales muy próximas —leones y tigres, por ejemplo— no parecen ser muy considerables. Una muestra de evolución reciente de un elemento corporal en el hombre la tenemos en los dedos del pie. El dedo gordo desempeña una función importante en la conservación del equilibrio al andar, pero el papel de los restantes dedos no es, ni muchísimo menos, tan manifiesto. Es indudable que estos dedos son un elemento evolucionado de los apéndices digitales que algunos animales, como los simios y los monos trepadores, utilizan para aferrarse o maniobrar ágilmente. Este ejemplo de evolución constituye una re-especialización, es decir, la adaptación de un órgano primitivamente evolucionado para una función específica a otra muy distinta, que no se materializó por completo hasta transcurridos unos diez millones de años. (Los pies del gorila de las montañas han seguido una evolución pareja, aunque enteramente autónoma.)

Hoy, sin embargo, no es preciso aguardar diez millones de años en espera de que se produzca la próxima mutación. Vivimos una época de cambios acelerados sin precedentes, y puesto que estos cambios son en buena parte obra humana, es imposible soslayarlos. No queda más alternativa que ajustarse, adaptarse al cambio, controlarlo o perecer.

Probablemente, sólo un mecanismo de aprendizaje extragenético puede afrontar el rapidísimo proceso de transformación que soporta la especie humana. En este sentido, la rápida evolución del intelecto humano que hoy se observa es, por un lado, la causa, y por otro, la única solución concebible a los muchos y graves problemas que nos acechan. Creo de veras que una mejor comprensión de la naturaleza y evolución de la inteligencia humana puede ayudarnos a enfocar con lucidez los peligros ignotos que sin duda esconde el futuro.

Otra de las razones que me han movido a interesarme por el tema de la evolución del factor cognoscitivo es que

hoy, por vez primera en la historia, disponemos de un poderoso instrumento que permite establecer comunicación a través de las inmensas distancias interestelares. Me refiero al radiotelescopio de gran alcance. Aunque un tanto a ciegas y con paso vacilante, hemos empezado a utilizarlo a ritmo creciente para dilucidar si existen otras civilizaciones ubicadas en extraños mundos, a distancias inimaginables, que están enviando radiomensajes a la tierra. Tanto la existencia de dichas civilizaciones como la naturaleza de los hipotéticos mensajes que tal vez transmitan sólo se conciben en la universalidad de la evolución del cerebro humano tal como se ha producido en nuestro planeta. De ahí que parezca lógico suponer que el estudio de la evolución del ser racional en la Tierra permitirá obtener pistas o perspectivas que arrojen un poco de luz a la investigación sobre la existencia de seres inteligentes en el espacio extraterrestre.

Me complació en extremo inaugurar el ciclo de conferencias sobre filosofía natural dedicado a la memoria de Jacob Bronowski que organizara la Universidad de Toronto en noviembre de 1975.

Durante la redacción del presente libro amplí de manera sustancial el ámbito de lo tratado en dicha conferencia, procurándome a cambio la estimulante oportunidad de ampliar conocimientos sobre temas que no son de mi especialidad. Sentí el irresistible impulso de sintetizar parte de los conocimientos adquiridos dentro de un marco coherente y de avanzar algunas hipótesis sobre la naturaleza y la evolución del intelecto humano que tal vez aporten alguna idea original y que, por lo menos, por lo menos, ofrecen un terreno que no ha sido estudiado con amplitud.

Tarea ímproba, ya que si bien poseo estudios académicos de biología y llevo años investigando sobre el origen y primeros estadios evolutivos de los organismos vivos, carezco de conocimientos sólidos, por poner un ejemplo, en los terrenos de la anatomía y fisiología cerebrales. En consecuencia, al exponer las ideas que siguen lo hago con cierto sentimiento de inseguridad, consciente de que muchas de ellas entran en el terreno de la especulación y sólo pueden aceptarse o desecharse una vez sometidas a verificación. En todo caso, esta labor de análisis me ha ofrecido la oportunidad de atisbar un tema fascinante. Quizá las observaciones que formulo induzcan a otros a profundizar en su estudio.

El postulado capital de la biología, aquel que a tenor de nuestros conocimientos nos permite distinguir entre ciencias biológicas y ciencias físicas, es la idea de evolución a través de la selección natural, el trascendental hallazgo que realizaron Charles Darwin y Alfred Russel Wallace a mediados del siglo XIX.

Desde que tuviera lugar el famoso debate Victoriano entre el obispo Wilberforce y T. H. Huxley se han disparado inútilmente continuas andanadas contra las ideas sostenidas por Darwin y Wallace, a menudo inducidas por aquellos en posesión de hachas doctrinales que amolar. La evolución es un hecho ampliamente demostrado por los restos fósiles y los hallazgos de la moderna biología molecular. La bien conjuntada teoría de la selección natural tiene por objeto explicar el fenómeno de la evolución. Se hallará una muy ponderada respuesta a las críticas formuladas en fechas recientes a la teoría en cuestión, incluso a la peregrina opinión de que la selección natural es una tautología («Los que sobreviven, sobreviven»), en el artículo de Gould, publicado en 1976, reseñado en las referencias bibliográficas expuestas al final de la obra. Darwin era, indiscutiblemente, un hombre de su época, y por ello mismo proclive — como traslucen sus comentarios sobre los habitantes de la Tierra del Fuego citados al principio del libro — a establecer comparaciones autocomplacientes entre los pueblos europeos y otras comunidades étnicas. A decir verdad, las sociedades del período pretecnológico se parecían más a los hospitalarios, gregarios y civilizados bosquimanos cazadores y recolectores del desierto del Kalahari que a los fueguinos a los que Darwin, no sin cierta justificación, tenía en tan bajo aprecio. Sin embargo, las percepciones darwinianas en torno a la evolución, la selección natural como causa primera de aquella y la incidencia de estos conceptos en la configuración de la naturaleza del ser humano, constituyen auténticos jalones en la historia de la investigación científica, tanto más cuanto que en la Inglaterra victoriana — y también hoy, aunque en menor medida — estas ideas chocaron con una recalcitrante oposición.

Las perfeccionadas y espléndidas formas de vida que hoy conocemos han ido configurándose a través de la selección natural, o dicho en otros términos, la reproducción y supervivencia prioritarios de los individuos de cada especie accidentalmente más adaptados a su medio. La evolución de un órgano tan complejo como el cerebro debe enlazar inextricablemente con las etapas primerizas de la historia de la vida, con su vacilante progreso e insalvables valladares, con la tortuosa adaptación de los organismos vivos a condiciones cambiantes que una y otra vez ponen en trance de extinción formas de vida que en su origen estuvieron perfectamente adaptadas al medio. La evolución es fortuita y escapa a todo pronóstico. Tan sólo la muerte de un inmenso número de organismos mal adaptados nos permite a nosotros dar testimonio de vida.

La biología se asemeja más a la historia que a la física. Queremos decir con ello que las calamidades, errores y circunstancias favorables del pasado prefiguran en gran manera el presente. Al abordar una cuestión biológica tan intrincada como es la naturaleza y evolución de la inteligencia humana estimo, como mínimo, prudente conceder un valor sustancial a los razonamientos derivados de la evolución que ha experimentado el cerebro humano.

En lo que atañe al cerebro, parto de la premisa fundamental de que su actividad, lo que a veces solemos denominar «pensamiento», es mera y exclusiva consecuencia de su anatomía y fisiología. Quizá el «pensamiento» sea el resultado de la acción, separada o conjunta, de los componentes del cerebro, mientras que ciertos procesos pueden ser consecuencia de la actuación del cerebro en bloque. Por lo visto, algunos estudiosos del tema han llegado a la conclusión de que ninguna futura generación de neuroanatomistas podrá aislar y localizar todas las funciones superiores del cerebro puesto que ellos han fracasado en el empeño. Pero la ausencia de pruebas no es prueba válida de la ausencia. La historia reciente de la biología demuestra sin lugar a dudas que en buena medida somos el resultado de las interacciones de un complejísimo conglomerado molecular. Hoy, la naturaleza del material genético, antaño sanctasanctórum de la biología, se explica básicamente en función de los procesos químicos que desarrollan los ácidos nucleicos que lo constituyen, el ADN y el ARN, y de sus elementos activos, las proteínas. En el ámbito de la ciencia y sobre todo en el de la biología, se observa con frecuencia que los individuos más familiarizados con los entesijos de una cuestión tienden a sustentar criterios más empecinados (y a la postre erróneos) sobre la hipotética inasequibilidad del tema que quienes lo contemplan desde cierta distancia. Por otra parte, me doy perfecta cuenta de que si este

alejamiento es excesivo se corre el riesgo de confundir lo que no es sino ignorancia con supuesta percepción del problema. Sea como fuere, amparándome tanto en la clara tendencia que se observa en los más recientes progresos de la biología como en el hecho de que no se dispone de la menor prueba que la sustente, omitiré en estas páginas toda mención a la hipótesis acerca de lo que acostumbraba a conocerse como el dualismo cuerpo-mente, o sea, la noción de que en el interior de la sustancia corpórea material se contiene otra de muy distinta composición llamada mente.

Parte del estímulo y hasta del goce que uno halla en el estudio de la cuestión radica en el nexo que guarda con todas las áreas del esfuerzo humano, en especial la posible interacción de los conocimientos obtenidos del estudio de la fisiología del cerebro con las percepciones derivadas de la introspección humana. Por suerte, existe un cuantioso legado de estas últimas. En un pasado remoto, las más ricas, intrincadas y profundas de tales percepciones se denominaban mitos. «Los mitos son hechos jamás acaecidos pero siempre presentes», dijo Salustio en el siglo IV. En los diálogos platónicos, y también en *La República*, observamos que cada vez que se aborda un punto de vital importancia, Sócrates echa mano de un mito (recuérdese la parábola de la cueva, por aducir el ejemplo más conocido). Y conste que no me refiero aquí al vocablo «mito» entendido en el sentido que normalmente se le otorga, como un hecho que aun siendo contrario a la realidad natural goza de amplia aceptación en el seno de una colectividad, sino que lo utilizo en su acepción primigenia de metáfora sutil referida a una cuestión que no puede explicarse de otro modo. En consonancia con lo dicho, el lector hallará, entremezcladas con las disquisiciones objeto de estas páginas, alusiones esporádicas a mitos antiguos y modernos. Incluso el título de esta obra se debe a la sorprendente idoneidad de diversos mitos tradicionales y contemporáneos.

Aunque albergo la esperanza de que algunas de las conclusiones que expongo atraigan el interés de las personas dedicadas al estudio del intelecto humano, debo aclarar que, en principio, este libro va destinado al profano interesado en la materia. En el capítulo II se vierten conceptos algo más densos que en el resto de mi estudio. Aun así, confío en que el lector podrá salvar el obstáculo con un pequeño esfuerzo suplementario. De lo dicho se infiere que el libro no es de difícil lectura. Como norma general, los vocablos técnicos que aparecen ocasionalmente se definen antes de entrar en materia y, además, han sido incorporados al glosario de términos que figura al final del libro. Las tablas, cuadros, gráficos y esquemas son elementos auxiliares que, junto con el mentado glosario, facilitarán la comprensión del libro a los que no posean estudios en materia científica. Por lo demás sospecho que la correcta interpretación de las ideas expuestas no va a suponer que el lector esté de acuerdo con ellas.

En el año 1754, Jean-Jacques Rousseau escribía en el primer párrafo del *Discurso sobre el origen y la desigualdad de los hombres*:

Aunque para poder discernir con acierto el estado natural del hombre importa estudiarlo en sus orígenes ... no voy a seguir su organización a través de las sucesivas fases que ha conocido ... Sobre este particular no haría sino perderme en imprecisas y casi visionarias conjeturas. Hasta el momento, la anatomía comparada no ha progresado gran cosa, y las observaciones de los naturalistas me parecen demasiado endebles para ser utilizadas como plataforma válida sobre la que erigir una argumentación sólida.

Las prevenciones de Rousseau, formuladas hace más de dos siglos, siguen teniendo vigencia. No obstante, se han producido significativos avances en la investigación tanto de la anatomía del cerebro como de la conducta del hombre y de los animales, aspectos que Rousseau, muy atinadamente, conceptuaba de vital importancia en el marco de la cuestión. Tal vez ya no sea prematuro intentar una síntesis de carácter preliminar.

# El calendario cósmico

¿Qué otra cosa vislumbra  
en la oscura lejanía, allá en el abismo del tiempo?

SHAKESPEARE, *La tempestad*

**E**l mundo es viejísimo y el ser humano sumamente joven. Los acontecimientos relevantes de nuestras vidas se miden en años o fracciones de tiempo aún más pequeñas, en tanto que la duración de una vida humana se reduce a unos pocos decenios, el linaje familiar a unos cuantos siglos y los hechos que registra la historia a unos milenios. Y, sin embargo, se extiende a nuestras espaldas un fantástico panorama temporal que se pierde en un pasado remotísimo del que apenas sabemos nada. En primer lugar, porque no poseemos testimonios escritos, y en segundo lugar porque resulta muy difícil hacerse una idea de la inmensidad de los periodos involucrados.

Aun así hemos logrado fechar algunos hitos de este remoto pasado. La estratificación geológica y la fijación de cronología en base al empleo de métodos radiactivos aportan datos sobre las distintas etapas arqueológicas, paleontológicas y geológicas. La teoría astrofísica suministra información sobre la edad de los planetas, las estrellas y la galaxia de la Vía Láctea, así como una estimación del tiempo transcurrido desde que acaeció este trascendental suceso conocido como el *big bang*, es decir, la gigantesca explosión cósmica que afectó a toda la materia y la energía del universo. Quizás el *big bang* fuera el principio del universo, o puede que supusiera una discontinuidad que acabó con toda información sobre los más remotos orígenes del cosmos. Pero lo indudable es que constituye el fenómeno más remoto del que se tiene noticia.

Para expresar la cronología cósmica nada más sugerente que comprimir los quince mil millones de años de vida que se asignan al universo (o, por lo menos, a su conformación actual desde que acaeciera el *big bang*) al intervalo de un solo año. Si tal hacemos, cada mil millones de años de la historia terrestre equivaldrían a unos veinticuatro días de este hipotético año cósmico, y un segundo del mismo correspondería a 475 revoluciones efectivas de la Tierra alrededor del Sol. En las páginas 23 a 25 presento la cronología cósmica de tres formas: una relación de fechas significativas anteriores al mes de diciembre; un calendario del mes de diciembre y una visión más pormenorizada de la Nochevieja, o sea del 31 de diciembre. Si se toma como base esta escala temporal, las efemérides narradas en los libros de historia — aun en aquellos que se esfuerzan en ampliar la visión de los hechos— se nos presentan tan apretujados que es necesario recurrir a una exposición detallada de los últimos segundos del año cósmico. Aun así, nos vemos obligados a reseñar como sucesos contemporáneos hechos que se nos ha enseñado a considerar muy distanciados en el tiempo. Es probable que en los anales de la vida se hayan producido acontecimientos igualmente cruciales en otros periodos, como, por ejemplo, entre las 10.02 y las 10.03 de la mañana del 6 de abril o del 16 de septiembre. Pero lo cierto es que tan sólo podemos ofrecer una visión pormenorizada del postrer intervalo del año cósmico.

La cronología se ha confeccionado de acuerdo con las pruebas más consistentes de que disponemos. No obstante, algunas resultan bastante inseguras. Por ello, nadie debe extrañarse si un día llega a determinarse que la vegetación no empezó a cubrir la superficie de la Tierra en el periodo silúrico, sino en el ordoviciense; o que los gusanos segmentados aparecieron en una fase del precámbrico más temprana de lo que se indica. Asimismo, es obvio que al confeccionar la cronología de los últimos diez segundos del año cósmico no me fue posible incluir todos los sucesos de relieve, y en este sentido espero que se me perdone el no haber mencionado de manera explícita los progresos acaecidos en el campo de las artes, la música, la literatura, o, en otro orden, las revoluciones americana, francesa, rusa y china, tan cargadas de significación histórica.

## FECHAS ANTERIORES A DICIEMBRE

El <i>big bang</i> (la «gran explosión»)	1 de enero
Origen de la galaxia de la Vía Láctea	1 de mayo
Origen del sistema solar	9 de septiembre
Formación de la Tierra	14 de septiembre
Origen de la vida en la Tierra	~ 25 de septiembre
Formación de las rocas más antiguas conocidas	2 de octubre
Época de los fósiles más antiguos (bacterias y algas verdiazules)	9 de octubre
Diferenciación sexual (en los microorganismos)	~ 1 de noviembre

Plantas fotosintéticas fósiles más antiguas	12 de noviembre
Aparecen las eucariotas (primeras células con núcleo) ~ = fecha aproximada	15 de noviembre

La elaboración de estas tablas y cuadros cronológicos inclina forzosamente a la humildad. Así, resulta desconcertante que la aparición de la Tierra como producto de la condensación de la materia interestelar no acaezca en este año cósmico hasta primeros de septiembre; que los dinosaurios aparezcan en Nochebuena; que las flores no broten hasta el 28 de diciembre o que el ser humano no haga acto de presencia hasta las 22.30 de la víspera de Año Nuevo. La historia escrita ocupa los últimos diez segundos del 31 de diciembre, y el espacio transcurrido desde el ocaso del Medioevo hasta la época contemporánea es de poco más de un segundo. En virtud de la convención adoptada, se supone que el primer año cósmico acaba de tocar a su fin.

Pero, a pesar del intervalo insignificante que nos corresponde en la tabulación cósmica del tiempo, es obvio que lo que vaya a ocurrir en la Tierra y en su entorno al iniciarse el segundo año cósmico, dependerá en buena medida del nivel que alcance la ciencia y de la sensibilidad del género humano en su más prístina manifestación.



¿Con qué martillo? ¿Con qué cadena? ¿En qué horno se ha fundido tu cerebro? ¿Con qué yunque? ¿A qué temible garra sus atroces angustias le impulsaron a sujetarse?

WILLIAM BLAKE, «El Tigre»

De todos los animales, el hombre es el que tiene el cerebro más grande en proporción a su tamaño.

ARISTÓTELES, *De las partes de los animales*

La evolución biológica ha venido acompañada de un incremento de la complejidad. Los organismos más perfeccionados hoy existentes en la Tierra contienen un caudal de información, tanto genética como extragenética, mucho mayor que la de los más complejos organismos de, pongamos por caso, doscientos millones de años atrás, cifra que supone tan sólo la vigésima parte de la historia de la vida en nuestro planeta, o cinco días atrás, si tomamos como base el calendario cósmico. Los organismos actuales más simples tienen un pasado evolutivo tan denso como los de mayor complejidad, aunque bien pudiera ser que la bioquímica interna de las bacterias contemporáneas sea más eficiente que la de las bacterias de hace tres mil millones de años. En cambio, es probable que el monto de información genética de las actuales bacterias no sea mucho mayor que el de sus antecesoras. Así pues, es sumamente importante distinguir entre el caudal de información y la calidad de dicha información.

1 EL CALENDARIO CÓSMICO	
31 de diciembre	
Origen del <i>Procónsul</i> y del <i>Ramapithecus</i> , probables ascendientes del simio y del hombre	~ 13.30
Aparición del primer hombre	~ 22.30
Uso generalizado de los útiles de piedra	23.00
El hombre de Pekín aprende a servirse del fuego	23.46
Empieza el último periodo glacial	23.56
Pueblos navegantes colonizan Australia	23.58
Florece el arte rupestre en toda Europa	23.59
Invencción de la agricultura	23.59.20
Cultura neolítica. Primeros poblados	23.59.35
Primeras dinastías en Sumer, Ebla y Egipto.	
Grandes avances de la astronomía	23.59.50
Invencción del alfabeto. Imperio acadio. Babilonia y los códigos de Hammurabi. Egipto: Imperio Medio	23.59.52
Metalurgia del bronce. Cultura micénica. Guerra de Troya. Cultura olmeca. Invencción de la brújula	23.59.53
Metalurgia del hierro. Primer Imperio asirio.	
Reino de Israel. Los fenicios fundan Cartago	23.59.54
La India de Asoka. China: dinastía Chi'n. La Atenas de Pericles. Nacimiento de Buda	23.59.55
Geometría euclidiana. Física de Arquímedes. Astronomía ptolemaica. Imperio romano. Nacimiento de Jesucristo	23.59.56
La aritmética india introduce el número cero y los decimales. Caída de Roma. Conquistas musulmanas	23.59.57
Civilización maya. China: dinastía Sung. Imperio bizantino. Invasión mongólica. Las Cruzadas	23.59.58
La Europa del Renacimiento. Viajes de descubrimiento de los países europeos y de la dinastía china de los Ming. La ciencia y el método empírico	23.59.59
Formidable expansión de la ciencia y de la tecnología. Universalización de la cultura. Adquisición de los medios de autodestrucción de la especie humana. Primeros pasos en la exploración planetaria mediante vehículos espaciales y en la búsqueda de seres inteligentes en el espacio extraterrestre	Tiempo presente: Primer segundo del Año Nuevo

Llamamos taxones a las distintas formas biológicas. Las clasificaciones taxonómicas más genéricas distinguen entre plantas y animales, o entre organismos cuyas células tienen un núcleo muy poco desarrollado (por ejemplo, bacterias y algas verdiazules) y aquellos en los que el núcleo se presenta claramente diferenciado y posee una compleja estructura (caso de los protozoos y del hombre). Sin embargo, todos los organismos del planeta, tanto si tienen o no un núcleo

definido, poseen cromosomas, en los que se almacena el material genético transmitido de generación en generación. Las moléculas transmisoras de los caracteres hereditarios son, en todo los organismos, los ácidos nucleicos. Salvo contadas excepciones, por lo demás secundarias, el ácido nucleico depositario de la información hereditaria es la molécula llamada ADN (ácido desoxirribonucleico). También cabe conceptuar como entidades taxonómicas diferenciadas otras divisiones más finas de varios tipos de plantas y animales en especies, subespecies y razas.

Una especie es un grupo de individuos que pueden cruzarse dando descendencia fértil, situación que no se produce al cruzarse con organismos de otros grupos. El cruce de perros de distintas razas origina cachorros que, una vez adultos, estarán en condiciones de reproducirse. Pero el apareamiento de dos especies distintas, incluso tratándose de especies tan próximas como el caballo y el asno, origina una descendencia estéril (en este caso, la muía). De aquí que asnos y caballos se clasifiquen como dos especies distintas. A veces se producen apareamientos, viables como tales pero infecundos, de especies más diferenciadas —leones y tigres, por ejemplo—, y aunque en rarísimas ocasiones la progenie tiene capacidad reproductiva, ello no indica sino que la definición de especie es un tanto confusa. Todos los hombres somos individuos de la especie *Homo sapiens*, optimista apelativo latino que significa «hombre sabio». Nuestros probables antecesores, el *Homo erectus* y el *Homo habilis* —a la sazón extintos—, se clasifican como pertenecientes al mismo género (*Homo*) pero a diferente especie, aunque nadie, por lo menos en fecha reciente, ha intentado investigar si el cruce de uno y otro con individuos de nuestra especie podría haber originado una progenie fértil.

En la antigüedad dominaba la idea de que se podía obtener descendencia a partir de cruces entre organismos de muy distinta naturaleza. La mitología nos dice que el Minotauro muerto por Teseo era fruto de un toro y de una mujer, y el historiador romano Plinio manifiesta que el avestruz, recién descubierto por aquel entonces, era producto del cruce de una jirafa con un mosquito. (Debo suponer que lo sería del apareamiento de una jirafa hembra y un mosquito macho.) Es indudable que muchos apareamientos no deben haber sido intentados en la práctica por una comprensible falta de incentivos.

En el presente capítulo aludiremos repetidas veces al gráfico de la página 32. La curva de un trazo continuo muestra el momento en que aparecen por vez primera algunos importantes grupos taxonómicos. Ni que decir tiene que existen muchos más taxones que los representados por los escasos puntos que aparecen en la gráfica. Con todo, la curva ilustra de forma clara la gran cantidad de puntos que se necesitarían para representar en la figura las decenas de millones de taxones que han surgido desde que la vida hizo su aparición en el planeta. Los grupos taxonómicos más importantes, aquellos que han evolucionado más recientemente, son por regla general los más complejos.

El análisis del comportamiento de un organismo, esto es, el número de funciones que está llamado a ejecutar en el curso de la vida, permite hacerse una idea de su grado de complejidad. Con todo, este factor también puede determinarse atendiendo al mínimo caudal de información que contiene el material genético del organismo de que se trate. Un cromosoma humano, por ejemplo, contiene una larguísima molécula de ADN arrollada de forma helicoidal, con lo que ocupa un espacio mucho más reducido del que necesitaría en el caso de que se presentara completamente extendida. Dicha molécula de ADN está fragmentada en bloques o unidades autónomas unidos de forma similar a los peldaños de una escala de cuerda. Dichas unidades reciben el nombre de nucleótidos, de los que existen cuatro variedades. El lenguaje de la vida, el caudal de información hereditario, viene determinado por las diferentes disposiciones de los cuatro tipos de nucleótidos distintos. Así pues, podemos decir que el lenguaje de la herencia está escrito en un alfabeto de sólo cuatro letras.

Pero el libro de la vida es muy pródigo y, así, una molécula de ADN cromosómico del hombre está integrada por unos cinco mil millones de pares de nucleótidos. Las instrucciones genéticas de los restantes taxones terrestres están escritas en el mismo lenguaje y con el mismo código. Es evidente, pues, que este lenguaje genético común constituye un indicio de que todos los organismos de la Tierra tienen un solo antecesor, de que en el planeta se produjo una única manifestación de vida hace aproximadamente cuatro mil millones de años.

Por regla general, el volumen informativo de cada mensaje viene representado en unidades llamadas bits, contracción del término inglés *binary digits* (dígitos binarios). El sistema aritmético más sencillo que existe no utiliza diez dígitos (como hacemos nosotros en virtud del accidente evolutivo que nos otorgó diez dedos), sino tan sólo dos, el 0 y el 1. Toda pregunta definida de manera suficiente es susceptible de ser respondida con un solo dígito binario, sea el 0 o el 1, es decir con un «sí» o un «no». En el supuesto de que el código genético estuviera escrito en un alfabeto con dos letras, en vez de en otro con cuatro, el número de bits contenido en una molécula de ADN equivaldría al doble de pares de nucleótidos. Pero dado que existen cuatro clases distintas de nucleótidos, el número de bits de información contenidos en la citada molécula de ADN es el cuádruple del número de pares de nucleótidos. Por lo tanto, si un solo cromosoma tiene cinco mil millones ( $5 \times 10^9$ ) de nucleótidos, contendrá veinte mil millones ( $2 \times 10^{10}$ ) de bits de información. (El símbolo  $10^9$  nos indica simplemente la unidad seguida de un determinado número de ceros; en el caso que nos ocupa, nueve.)

¿Qué cantidad de información suponen veinte mil millones de bits? ¿Cuál sería su equivalente si esta cifra se plasmara en un libro corriente escrito en un idioma moderno? Por regla general, los alfabetos de las distintas lenguas poseen de veinte a cuarenta letras, a los que debe añadirse de doce a veinticinco numerales y signos de puntuación. Por lo tanto, la mayoría de idiomas no requerirían más de sesenta y cuatro caracteres. Puesto que  $2^6$  es igual a 64 ( $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2$ ), bastarían seis bits para configurar una letra o signo. Imaginemos que llegamos a esta determinación mediante una especie de juego de las «Veinte preguntas», en el que cada respuesta equivale al empleo de un solo bit para una pregunta a la que se contesta escuetamente con un «sí» o con un

«no». Supongamos que el carácter que deseamos especificar es la letra J. Para ello, procederíamos del siguiente modo:

PRIMERA PREGUNTA: ¿Se trata de una letra (0) o de otro signo (1)?

RESPUESTA: De una letra (0). SEGUNDA PREGUNTA: ¿Forma parte de la primera mitad (0) o

de la segunda mitad (1) del alfabeto? RESPUESTA: De la primera mitad (0). TERCERA PREGUNTA: ¿Se encuentra entre las siete primeras

letras (0) de las trece que forman la primera mitad del

alfabeto, o entre las seis restantes (1)? RESPUESTA: Entre las seis últimas (1). CUARTA PREGUNTA: Tomando

las seis últimas letras (H, I, J,

K, L, M, N), ¿forma parte de la primera mitad (0) o de la

segunda mitad (1)? RESPUESTA: De la primera mitad (0). QUINTA PREGUNTA: Tomando dichas letras (H, I, J),

¿es la H

(0) o bien la I o la J (1)? RESPUESTA: La I o la J (1).

SEXTA PREGUNTA: ¿Se trata de la I (0) o de la J (1)? RESPUESTA: De la J (1).

En consecuencia, especificar la letra J equivale al código binario 001011, con la salvedad de que no ha sido necesario formular veinte preguntas, sino seis, y es este detalle el que nos permite afirmar que para determinar una letra dada bastan solamente seis bits. Por tanto, veinte mil millones de bits corresponden poco más o menos a tres mil millones de letras ( $2 \times 10^{16} = 3 \times 10^9$ ). Si una palabra consta por término medio de seis letras, el volumen de información que admite un cromosoma humano se eleva a unos quinientos millones de palabras ( $3 \times 10^7 = 5 \times 10^6$ ). Si la página corriente de un libro contiene alrededor de trescientas palabras, la cantidad antedicha nos daría unos dos millones de páginas ( $5 \times 10^7 \times 10^2 \approx 2 \times 10^6$ ). Teniendo en cuenta que, por término medio, un libro contiene quinientas páginas de esta índole, el caudal informativo de un solo cromosoma es el equivalente a unos cuatro mil volúmenes ( $2 \times 10^7 \times 10^2 = 4 \times 10^3$ ). De lo dicho se desprende claramente que la secuencia de segmentos de la cadena de ADN que antes mencionábamos supone un formidable acopio de datos. Por lo demás, es natural que para especificar un objeto de tan exquisita construcción y complejo funcionamiento como el ser humano se requiera un caudal informativo tan inmenso. Los organismos simples son menos complejos y tienen menos funciones que realizar, de ahí que necesiten un menor acopio de información genética. Los computadores de los módulos del *Viking I* y *II* que se posaron sobre Marte en 1976 habían sido previamente programados con un volumen de instrucciones de algunos millones de bits. Por tanto, ambos vehículos espaciales contenían un poco más de «información genética» que una bacteria, pero muchísima menos que un alga.

El gráfico de la página siguiente nos muestra también la cantidad mínima de información genética de las moléculas de ADN en diversos grupos taxonómicos. La suma asignada a los mamíferos es inferior a la del ser humano, por la sencilla razón de que la mayor parte de ellos poseen menos información genética que el hombre. En el seno de algunas categorías taxonómicas —caso, por ejemplo, de los anfibios— el volumen de información genética varía considerablemente de una especie a otra, y se sospecha que buena parte de su ADN es redundante o carece de función específica. Este es el motivo de que en la gráfica conste solamente la cantidad *mínima* de ADN que contiene un taxón determinado.

En la gráfica se observa que hace tres mil millones de años el acopio de información de los organismos terrestres experimentó un marcado incremento, y que a partir de entonces el volumen de información genética ha ido aumentando lentamente. También se aprecia que si para poder sobrevivir el hombre necesita bastante más de varias decenas de miles de millones (varias veces  $10^6$ ) de bits de información, los sistemas extragenéticos deberán ser los encargados de facilitarle la cantidad complementaria; la velocidad con que se desarrollan los sistemas genéticos es tan lenta que el ADN no puede suministrar este suplemento de información biológica.

El gráfico muestra la evolución del acopio de información contenida en los genes y en el cerebro durante la historia de la vida en la Tierra. La curva de trazo grueso, jalonada por puntitos negros, representa el número de bits de información contenido en los genes de diversos grupos taxonómicos, de los que se muestra, también, la época de su aparición en la crónica geológica del planeta. Debido a las variaciones en la cantidad de ADN de una célula para ciertos grupos taxonómicos, sólo reseñamos en el gráfico el contenido *mínimo* de información correspondiente a un taxón determinado. Los datos se han tomado de la obra de Britten y Davidson (1969). La curva de trazo discontinuo, flanqueada o cortada por puntos en blanco, constituye una estimación aproximada de la evolución de la cantidad de información contenida en el cerebro y el sistema nervioso de los organismos en cuestión. La información que almacena el cerebro de los anfibios y otros animales de orden inferior caería fuera del margen izquierdo de la figura. También se muestra el número de bits de información contenido en el material genético de los virus, a pesar de que no se ha demostrado fehacientemente que los virus se originaran hace varios miles de millones de años. Cabe en lo posible que los virus hayan evolucionado en una etapa más reciente, por pérdida de funciones, a partir de bacterias u otros organismos más complejos. En el supuesto de que deseáramos ubicar la información extrasomática que se procura el hombre (bibliotecas, etc.), el punto correspondiente caería mucho más allá de la parte inferior del margen derecho de la figura.

El material básico de la evolución son las mutaciones, es decir, los cambios hereditarios producidos en las cadenas

de nucleótidos que se encargan de elaborar las instrucciones hereditarias en la molécula de ADN. Causas de mutación son la radiactividad ambiental, los rayos cósmicos del espacio, y, a menudo, el azar, que altera espontáneamente la disposición de los nucleótidos en contra de las previsiones formuladas sobre una base estadística. Los enlaces químicos se rompen accidental y espontáneamente. Hasta cierto punto el propio organismo regula las mutaciones, ya que posee la facultad de reparar determinados daños estructurales causados a su contingente de ADN. Hay, por ejemplo, una serie de moléculas que supervisan el ADN para detectar una posible deterioración de las mismas. Cuando se descubre una alteración particularmente nociva, ésta queda bruscamente cortada por una especie de «tijeras» moleculares, lo que permite recomponer el ADN. Con todo, esta facultad regeneradora no es, no conviene que sea, perfecta, puesto que la evolución necesita de las mutaciones. La mutación sobrevenida en una molécula de ADN del cromosoma de una célula de la piel del dedo índice no tiene influjo en la herencia, ya que los dedos de la mano no intervienen, por lo menos de una manera directa, en la propagación de la especie. Lo que sí influye son las mutaciones en los gametos, los óvulos y las células germinales, que son los agentes de la reproducción sexual.

De manera fortuita, ciertas mutaciones beneficiosas suministran el material de base que impulsa la evolución biológica, como, por ejemplo, la mutación que aporta melanina a determinada especie de mariposas nocturnas, con el consiguiente cambio de coloración del blanco al negro. Por regla general, esta clase de mariposas nocturnas se posa en el tipo de abedul que se da en Inglaterra, donde la coloración blanca del insecto le procura un camuflaje protector. En este caso la mutación de la melanina no supone una ventaja, pues las mariposas con pigmentación negra destacan visiblemente y son engullidas por los pájaros. Se trata, pues, de una mutación perjudicial. Pero cuando a raíz de la revolución industrial la corteza del abedul empezó a cubrirse de hollín, la situación cambió radicalmente, y sólo las mariposas que habían experimentado la mutación antedicha sobrevivieron. En este caso nos hallamos ante una mutación beneficiosa y, andando el tiempo, la mayor parte de las mariposas nocturnas adquieren la pigmentación negra, rasgo hereditario que se transmite a las futuras generaciones. De vez en cuando también se producen «retromutaciones» que destruyen la adaptación inducida por la melanina y que serían beneficiosas para el insecto si se pudiera poner término a la contaminación industrial que padece Gran Bretaña.

Obsérvese que en esta interacción entre mutación y selección natural, la mariposa nocturna no realiza un *esfuerzo* consciente para adaptarse a los cambios del medio físico. Se trata de un proceso fortuito, sólo verificado por apreciaciones estadísticas.

Los organismos de mayor tamaño, como el hombre, sufren por término medio una ni más ni menos por cada diez gametos, o sea, que existe un 10 por 100 de probabilidades de que una célula germinal o reproductora haya registrado un cambio transmisible por herencia en las instrucciones genéticas que han de configurar la estructura de la siguiente generación. Son mutaciones acaecidas al azar y casi siempre nocivas, pues es raro que un mecanismo de precisión mejore como resultado de un cambio fortuito en las instrucciones para construirlo.

Por otra parte, muchas de las mutaciones aludidas tienen carácter recesivo, es decir, no se manifiestan de forma inmediata. Con todo, el índice de mutación es a la sazón tan elevado que, al decir de diversos biólogos, si aumentase la cantidad de ADN genético se producirían índices de mutación demasiado altos. Si aumentara nuestra dotación de genes, sobrevendrían numerosos desajustes con excesiva frecuencia.

1. Hasta cierto punto el ritmo de mutación viene a su vez regulado por la selección natural, como se desprende del ejemplo aducido sobre las «tijeras moleculares». Pero es muy probable que exista un índice de mutabilidad mínimo e irreductible. 1.º) para que tengan lugar: suficientes expendidos genéticos y la selección natural en acción, y 2.º) como elemento equilibrador de las mutaciones producidas, supongamos, por los rayos cósmicos y los más eficaces mecanismos «restauradores» de la célula.

Si ello es así, tiene que existir un «techo» en cuanto al volumen de información genética que puede tener cabida en el ADN de los organismos más complejos. Por el mero hecho de su existencia, dichos organismos deben poseer considerables recursos de información extragenética. En todos los animales superiores, a excepción del hombre, esta información se contiene casi exclusivamente en el cerebro.

¿Cómo se distribuye la información contenida en el cerebro? Examinemos los dos puntos de vista más antagónicos acerca de la función del cerebro. Según unos, el cerebro, o por lo menos su capa más superficial, la corteza cerebral, es equipotente, o sea que cualquier parte de la misma puede realizar las funciones de las demás, por lo que no cabe hablar de localización de funciones. La segunda teoría afirma que el cerebro es un entramado de conexiones y que, por tanto, las funciones cognitivas específicas están localizadas en zonas muy concretas del cerebro. El estudio de los computadores parece indicar que la verdad radica en un punto medio entre ambos extremos. Por una parte, toda estimación no mística de la función cerebral debe relacionar la fisiología con la anatomía y cada función específica debe subsumirse en unos módulos neurales concretos u otras estructuras cerebrales. Por otra, y con objeto de asegurar la esmerada ejecución de cada función y prevenir eventuales fallos, cabe suponer que la selección natural ha desarrollado una redundancia considerable en la función cerebral. Y lo mismo cabe esperar del curso evolutivo más probablemente seguido por el cerebro.

La redundancia de memoria almacenada quedó claramente probada gracias a los experimentos de Karl Lashley, un psiconeurólogo de Harvard que extirpó considerables porciones de la corteza cerebral de ratas sin que los roedores olvidaran el trazado, previa mente asimilado, de un laberinto. De los referidos experimentos se infiere que una misma memoria ha de estar forzosamente localizada en múltiples partes del cerebro. Hoy sabemos que determinados recuerdos

se canalizan a través de un conducto denominado cuerpo caloso, que comunica los hemisferios cerebrales derecho e izquierdo.

Según Lashley, tampoco se apreciaron cambios en el comportamiento general de las ratas tras serles extirpada una porción considerable, digamos un 10 por 100, de cerebro. Aun así, habría que consultar al animalito y preguntarle su opinión al respecto. Aclarar inequívocamente la cuestión requeriría un estudio minucioso del comportamiento social de las ratas, de sus hábitos para procurarse alimentos y de su reacción ante el acoso de un felino. Hay cantidad de hipotéticas alteraciones que podrían ser consecuencia de tales extirpaciones y que, aun cuando no se hicieran evidentes al investigar de forma inmediata, serían de gran trascendencia para la rata, como, por ejemplo, el interés que suscita un individuo atractivo en otro del sexo opuesto después de la extirpación, o el grado de apatía que acredita el roedor frente a un gato al acecho.

. Incidentaimeme, como prueba de la influencia de las películas de dibujos animados en la vida norteamericana, vuélvase a leer el párrafo en que se habla de la rata y sustituyase este término por el de «ratón». Luego compruebe si aumenta de sopetón la simpatía hacia este incomprendido roedor expuesto incesantemente al bisturí de los investigadores.

Se arguye a veces que el seccionamiento o las lesiones de partes importantes de la corteza cerebral en el hombre — como tras practicar una lobotomía prefrontal bilateral o a resultas de un accidente— apenas repercuten en su comportamiento. Sin embargo, no debe perderse de vista que determinadas formas de conducta humana no se aprecian claramente desde el exterior, y a veces incluso pasan inadvertidas al propio sujeto. Ciertas percepciones y actividades, como la creatividad, se dan muy raramente. La asociación de ideas que llevan aparejados los actos del genio creativo, por insignificantes que sean, requieren al parecer el despliegue de múltiples recursos del cerebro. Es indiscutible que estos actos creativos son rasgo distintivo de nuestra civilización y del hombre como especie animal. Con todo, en muchos individuos se producen raramente y es muy posible que ni el sujeto que padece la lesión cerebral ni el médico que le examina perciban su ausencia.

Si bien es inevitable una considerable redundancia o duplicación de las funciones cerebrales, podemos asegurar casi con certeza que la hipótesis de la equipotencia integral es falsa, y la mayor parte de los neurofisiólogos contemporáneos la han rechazado. En cambio, no resulta fácil descartar la hipótesis de un cierto grado de equipotencia (como sería, por ejemplo, sostener que la memoria es una función de la corteza cerebral en bloque) aunque, como tendremos ocasión de ver, también ésta puede rebatirse.

Esta muy generalizada la idea de que la mitad del cerebro o más no entra en funciones. Desde un punto de vista evolutivo sería esta una circunstancia realmente anómala y cabría preguntarse por qué hubo proceso de evolución si a esta porción del cerebro no le corresponde función alguna. La verdad, empero, es que tal aseveración no se asienta en pruebas sólidas y que, una vez más, se formula tomando como base que numerosas lesiones cerebrales, generalmente de la corteza, no tienen repercusión manifiesta en el comportamiento. Esta teoría no toma en cuenta (1) la posibilidad de redundancia funcional, ni (2) el hecho de que determinados actos humanos se gestan a niveles de conciencia muy recónditos. Así, las lesiones del hemisferio derecho de la corteza cerebral pueden menoscabar pensamiento y acción, pero en dominios que no son los de la expresión oral y que, por definición, son de difícil descripción, tanto por parte del médico como del paciente.

Por otra parte, existen abundantes pruebas que demuestran el carácter local de las funciones cerebrales. Por ejemplo, se ha determinado que debajo de la corteza existen áreas cerebrales específicas relacionadas con el apetito, el sentido del equilibrio, la regulación térmica, la circulación de la sangre, los movimientos sincronizados y la respiración. Uno de los estudios clásicos sobre las funciones superiores del cerebro lo constituyen los experimentos del netirocrujano canadiense Wilder Penfield, quien ha investigado los efectos de la estimulación eléctrica de diversas partes de la corteza cerebral, por lo general tratando de aminorar los síntomas de dolencias tales como la epilepsia psicomotora. Los pacientes, tras una ligera estimulación eléctrica de determinadas zonas del cerebro, acreditaron rememorar percepciones olfativas, auditivas o visuales ya experimentadas en el pasado.

Uno de los casos tipo podría ser el del paciente al que después de serle practicada una craneotomía afirma haber escuchado con todo detalle la interpretación de una composición orquestal cuando se estimula eléctricamente su corteza cerebral a través del electrodo de Penfield. Cuando Penfield indicaba al paciente, que por norma siempre permanecía despierto durante los experimentos, que le estaba estimulando la corteza cuando en realidad no era así, el enfermo, indefectiblemente, señalaba que no había a su mente recuerdos de ninguna especie. Pero cuando Penfield provocaba sin previo aviso una estimulación eléctrica de la corteza, surgía o continuaba determinada evocación. Por ejemplo, había pacientes que decían experimentar una emoción concreta, una sensación de familiaridad o la remembranza plena de una experiencia acaecida muchos años atrás, todo ello de forma simultánea, pero no conflictiva, con la conciencia de estar en un quirófano conversando con el cirujano. Aunque algunos enfermos aludían a estas rememoraciones como «pequeños sueños», lo cierto es que no aparecía en ellos el simbolismo característico de toda ensoñación. Estas explicaciones han sido facilitadas casi exclusivamente por epilépticos, pero cabe dentro de lo posible, aunque en manera alguna se haya demostrado, que en circunstancias similares también los no epilépticos tengan reminiscencias perceptibles de la misma especie.

En un caso de estimulación eléctrica del lóbulo occipital, que está relacionado con la vista el paciente dijo estar viendo revolotear una mariposa con tan palpable verismo que, recostado como estaba en la mesa de operaciones, extendió su mano para atraparla. En el curso de un experimento parejo, realizado con un mono, el animal miraba con fijeza, como si tuviera un objeto ante sus ojos, hasta que realizó un brusco ademán con la mano derecha, como si quisiera aprehender alguna cosa, para luego contemplar con manifiesto desconcierto su mano vacía.

La estimulación eléctrica indolora de por lo menos algunas zonas cerebrales provoca una avalancha de

recuerdos concretos. Sin embargo, la supresión del tejido cerebral que está en contacto con el electrodo no borra la memoria. Es difícil resistirse a la conclusión de que, por lo menos en el hombre, la memoria de los distintos sucesos se acumula en alguna región de la corteza cerebral, en espera de que el cerebro la reclame mediante impulsos eléctricos, que, por supuesto, genera normalmente el propio órgano cerebral.

Si la memoria es una función de la corteza cerebral en bloque —más bien una especie de reverberación dinámica o estereotipo de ondas electromagnéticas estacionarias de sus partes constituyentes que acumulación estática en compartimientos estancos del cerebro— quedaría explicada la supervivencia de recuerdos aun después de haber sufrido el cerebro lesiones graves. Sin embargo, los indicios apuntan en dirección contraria. En una serie de experimentos llevados a cabo por el neurofisiólogo norteamericano Ralph Gerard, de la Universidad de Michigan, se enseñó a unos hámsters a recorrer un sencillo laberinto. A continuación los animalitos fueron sometidos a temperaturas de casi cero grados en un congelador, sometidos a una especie de hibernación artificial. Las bajas temperaturas hicieron que cesara toda actividad eléctrica detectable en el cerebro de los hámsters. Si la teoría de una memoria dinámica hubiese sido cierta, el experimento hubiera debido borrar del cerebro de los hámsters la retentiva del trazado del laberinto. Sin embargo, tras su descongelación, los hámsters recuperaron la memoria. A lo que parece, la memoria se halla localizada en regiones específicas del cerebro, y el hecho de que no sufra menoscabo después de lesiones cerebrales importantes demuestra que existe un suplemento residual de memoria estática almacenada en diversas áreas de la masa cerebral.

Penfield, ampliando los hallazgos de los investigadores precedentes, también descubrió la existencia de una notable localización funcional en la corteza motora. Determinadas partes de las capas superficiales de nuestro cerebro envían o reciben señales a/de ciertas partes del cuerpo. En las páginas 40 y 41 se ofrecen dos croquis de la corteza motórica y sensorial según Penfield. En ellos se refleja con claridad la importancia proporcional de las distintas partes de nuestro cuerpo. La gran extensión de área cerebral que corresponde a los dedos —sobre todo el pulgar—, así como a la boca y a los órganos del habla, corresponde exactamente a lo que en el plano fisiológico, y por vía del comportamiento, nos diferencia de la inmensa mayoría de las restantes especies animales. Sin el habla no habríamos desarrollado nuestro saber ni nuestra cultura, y sin las manos no hubieran sido posibles los portentosos avances técnicos del hombre ni sus creaciones monumentales. En cierto modo, el esquema de la corteza motora es una fiel representación de nuestra condición humana.

Pero en la actualidad las pruebas que poseemos acerca de la localización de las funciones son aún mucho más sólidas. En una brillante serie de experimentos, David Hubel, de la Facultad de Medicina de Harvard, descubrió la existencia de formaciones reticulares de células cerebrales que responden selectivamente a la percepción ocular de una serie de líneas orientadas según diversas direcciones. Así, existen células que detectan líneas horizontales, otras las verticales, unas terceras las diagonales, y cualquiera de ellas sólo resulta estimulada cuando percibe líneas con la orientación apropiada. Por tanto, ya se han registrado ciertos indicios indudables de pensamiento abstracto en las células cerebrales.

La existencia de regiones específicas del cerebro relacionadas con funciones cognoscitivas, sensoriales y motoras concretas, hace innecesaria la existencia de una perfecta correlación entre masa cerebral e inteligencia. Determinadas partes del cerebro son, a todas luces, más importantes que otras. Entre los cerebros de mayor tamaño se cuentan, por ejemplo, los de personajes como Oliver Cromwell, Ivan Turguenev y Lord Byron, todos ellos hombres de gran talento, pero no, en cambio, el de Albert Einstein, que tenía un cerebro de tamaño corriente. El cerebro de Anatole France, hombre de inteligencia superior a la media, era la mitad de grande que el de Byron.

Homúnculos sensorial y motor, según Penfield. Se trata de dos esbozos gráficos de la especialización de funciones en la corteza cerebral. Las figuras humanas distorsionadas muestran la atención que la corteza concede a los distintos órganos del cuerpo humano. Cuanto mayor es la parte del cuerpo expuesta, más importancia reviste. El croquis del «homúnculo sensorial» muestra dicha área somática, que recibe información neural de las partes del cerebro que se representan. El croquis del «homúnculo motor» corresponde a la transmisión de impulsos del cerebro al cuerpo.

El recién nacido posee un cerebro muy grande en proporción al tamaño del cuerpo (un 12 por 100, poco más o menos). Durante los tres primeros años de su vida, o sea el periodo en que el niño aprende con mayor rapidez, el cerebro, y en especial la corteza, continúan creciendo muy rápidamente. Al cumplir los seis, el niño posee ya el 90 por 100 de la masa encefálica que tendrá como adulto. El peso medio de la masa encefálica del hombre actual es de unos 1.375 gramos. Dado que la densidad del cerebro, como la de todos los tejidos corporales, es aproximadamente la del agua (un gramo por centímetro cúbico), el volumen de un cerebro de estas características sería de 1.375 cm<sup>3</sup> algo menos de un litro y medio. (Un centímetro cúbico tiene, poco más o menos, el volumen del ombligo de un hombre adulto.)

El volumen del cerebro de la mujer es alrededor de 150 cm<sup>3</sup> menor. Si se toman en cuenta las carencias ambientales y educacionales, no existen indicios sólidos de diferencias intelectuales cabales entre los individuos de uno y otro sexo. Consideramos, pues, que una diferencia de peso de 150 gramos en el cerebro de los individuos de la especie humana carece de relieve. También entre los adultos de las distintas razas humanas se dan parecidas diferencias. Por término medio, el cerebro de los orientales es un poco más grande que el de los blancos, y puesto que tampoco en este

caso se ha demostrado que, en igualdad de condiciones, existan diferencias en cuanto al nivel de inteligencia, la conclusión es la misma. La gran diferencia de peso entre los cerebros de Lord Byron (2.200 gramos) y de Anatole France (1.100 gramos) indica que, dentro de estos límites, una diferencia de incluso varios centenares de gramos no tiene, funcionalmente hablando, trascendencia alguna.

Por otra parte, el adulto microcéfalo, es decir, el individuo que nace con un cerebro pequeño» experimenta un grave menoscabo en sus facultades cognoscitivas. Por término medio, su masa cerebral es de 450 a 900 gramos, la masa encefálica de un recién nacido es corrientemente de 350 gramos, y la de un niño de un año, de 500 gramos aproximadamente. Es evidente que descendiendo en la escala de las masas cerebrales, llega un momento en que dicha masa es tan reducida que su actividad, comparada con la de un ser humano adulto que posea un cerebro de tamaño normal, se verá seriamente menoscabada.

Por lo demás, en los seres humanos existe una correlación esta dística entre el peso o tamaño del cerebro y la inteligencia. Como se desprende del ejemplo antes expuesto, concerniente al tamaño de los cerebros de Byron y de Anatole France, la relación entre ambos aspectos no es biunívoca. En ningún caso podemos afirmar taxativamente cuál es el grado de inteligencia de un individuo, hombre o mujer, tomando en cuenta solamente el tamaño de su cerebro. Sin embargo, como ha demostrado Leigh van Valen, biólogo evolucionista de la Universidad de Chicago, los datos de que disponemos nos inclinan a pensar que, por término medio, existe una correlación bastante estrecha entre el tamaño del cerebro y la inteligencia del individuo. ¿Significa esto que en algún caso el tamaño del cerebro es factor *determinante* de la inteligencia? ¿No es posible, por ejemplo, que la desnutrición del individuo, sobre todo del feto en el útero o durante la primera infancia, origine a la vez una merma del tamaño del cerebro y una disminución del nivel intelectual, sin que uno de estos factores sea causante del otro? Van Valen pone de manifiesto que la correlación entre el tamaño del cerebro y el grado de inteligencia en el ser humano es más exacta que la supuesta correlación entre la inteligencia y la estatura o el peso corporal del individuo adulto, que se sabe vienen mediatizados por una alimentación insuficiente. Por lo demás, no existe la menor duda de que la desnutrición puede originar un deterioro de la inteligencia. En fin, dejando al margen estas repercusiones, parece posible afirmar hasta cierto punto que a mayor tamaño del cerebro, en términos absolutos, mayores son las probabilidades de que el individuo alcance un grado superior de inteligencia.

Los físicos, al explorar zonas vírgenes del ámbito intelectual, han considerado útil realizar estimaciones sobre los órdenes de magnitud. Se trata de cálculos aproximados que esbozan el problema y sirven de guía a ulteriores estudios, sin que pretendan alcanzar una exactitud extrema. En lo que atañe al tema de la relación entre masa del cerebro e inteligencia, está claro que en el presente estadio de la ciencia no es posible efectuar una reseña de la función de cada centímetro cúbico de cerebro. Cabe preguntarse, empero, si habrá algún medio, por tosco que sea, de relacionar masa cerebral e inteligencia.

Es precisamente en este contexto donde las diferencias de masa cerebral entre individuos de ambos sexos ofrecen interés, porque, en general, la mujer es más baja y tiene una masa corpórea más reducida que el hombre. Cabe preguntarse, pues, si teniendo menos masa corpórea que controlar, la mujer necesita también un cerebro más pequeño. Ello implicaría suponer que la proporción entre masa del cerebro y masa total del organismo es un baremo más adecuado para medir la inteligencia que la estimación del valor absoluto de la masa cerebral.

En este diagrama se coteja la masa cerebral con la masa corpórea de primates, mamíferos, aves, peces, reptiles y dinosaurios. El diagrama se ha compuesto tomando como base la obra de Jerison (1973) y se han añadido algunos puntos correspondientes a los dinosaurios y miembros de la familia humana a la sazón extintos.

En el diagrama de la página 44 se muestra la masa cerebral y la masa corpórea de diversas especies animales. Se aprecia una notable diferencia de los peces y reptiles frente a las aves y mamíferos. Éstos presentan una considerable masa cerebral en proporción a la masa o peso corporal. El cerebro de los mamíferos puede llegar a pesar de diez a cien veces más que el de los reptiles actuales de tamaño equivalente. En cuanto a las diferencias entre mamíferos y dinosaurios, todavía son más abultadas. Se trata de diferencias realmente asombrosas y sistemáticas. Habida cuenta de que el hombre es un mamífero, es probable que alberguemos algún que otro prejuicio acerca de la proporción que guarda la inteligencia de los mamíferos con la de los reptiles. Con todo, creo que existen abundantes pruebas de que los mamíferos son, en todos los casos, mucho más inteligentes que los reptiles. (En el gráfico de la página 46 se nos muestra una insólita excepción; se trata de un dinosaurio del suborden de los terópodos, semejante al avestruz, perteneciente al último periodo del cretáceo, cuya proporción entre cerebro y masa corpórea le sitúa en una zona normalmente reservada a las grandes aves y a los mamíferos menos inteligentes. Sería interesante conocer muchos más datos acerca de esta, criaturas estudiadas por Dale Russell, director de la división de Paleontología de los Museos Nacionales de Canadá.) De este diagrama, también se infiere que los primates, grupo taxonómico en el que se incluye el hombre, se diferencian, aunque no de forma tan sistemática, de los restantes mamíferos. El cerebro de los primates es por término medio, de dos a veinte veces más grande que el de los mamíferos no primates de idéntica masa corporal.

Si examinamos con más detenimiento el citado diagrama y seleccionamos un grupo de animales, observaremos los resultados en la página 46. De todos los organismos reseñados en el gráfico el animal que posee el cerebro más grande en proporción al peso del cuerpo es una criatura llamada *Homo sapiens*, al que le siguen los delfines.

Si nos atendemos al criterio de la proporción entre masa cerebral y masa corporal los tiburones son los más inteligentes especímenes de la fauna piscícola, circunstancia congruente con el papel que la naturaleza asigna a esos cretáceos, ya que los depredadores del mar deben ser más inteligentes que los comedores de plancton. Tanto por lo que representa al progresivo aumento de la masa cerebral en proporción al peso del cuerpo como concerniente a la formación de centros coordinadores en los tres principales componentes de los cerebros, la evolución de los tiburones se ha desarrollado, curiosamente, de forma paralela a

la evolución de los vertebrados superiores en tierra firme.

Una vez más, creemos que no vamos a pecar de chauvinistas si afirmamos, en base a los indicios que nos suministran sus respectivos comportamientos, que el hombre y el delfín cuando menos dos de los organismos más inteligentes de la Tierra. Ya Aristóteles reparó en la importancia de la proporción, entre cerebro y masa corporal. En la actualidad, el principal defensor de esta teoría es Harry Jenson, neuropsiquiatra de la Universidad de California en Los Angeles. Jenson indica que existen algunas excepciones a nuestra correlación. Tal sucedería con la musaraña enana de Europa, que alberga una masa cerebral de 100 miligramos en un cuerpo de 4,7 gramos, de lo que resulta una proporción que la sitúa en la escala del hombre. Consideramos, empero, que no cabe aplicar la correlación masa-inteligencia a los animales de escasa envergadura corpórea, porque la más simple de las funciones «de manutención» del cerebro requiere un porcentaje mínimo de masa cerebral.

He aquí una ampliación detallada de algunos de los puntos del diagrama de la página 44. El sauromitoide corresponde a la especie de reptil parecido al avestruz que se menciona en el texto.

La masa cerebral de un cachalote maduro, pariente cercano del delfín, es de casi 9.000 gramos, o sea seis veces y media mayor que la usual en el hombre. Es una masa insólita en términos absolutos, pero no (cotéjese con el gráfico superior) si atendemos a la proporción entre tamaño del cerebro y envergadura del organismo. Con todo, la masa cerebral de las especies más gigantescas de dinosaurio representa el 1 por 100 de la que ostenta el cachalote. ¿Para qué necesita este cetáceo disponer de un cerebro tan enorme? ¿Existen estudios, percepciones, artes, ciencias o leyendas en torno a la figura del cachalote?

La pauta de la proporción entre masa cerebral y masa corpórea, en la que no intervienen apreciaciones de conducta, ha demostrado ser un baremo sumamente útil para medir la inteligencia proporcional de muy distintas especies animales. Es lo que un físico llamaría «un primer enfoque satisfactorio». (Conviene tomar nota, dé cara a posteriores referencias, que los australopitecos, que o bien fueron antecesores directos del hombre o, por lo menos, de una rama muy afín, tenían también un cerebro considerable en proporción al peso del organismo, como demuestran los moldes obtenidos de cráneos fosilizados). Me pregunto si el singular atractivo de los niños de corta edad y de otros pequeños mamíferos —con cabezas proporcionalmente muy grandes comparadas con la de los individuos adultos de la misma especie— se debe a que tenemos una conciencia oculta de la importancia que reviste esa proporción cerebro-masa corpórea.

De lo dicho hasta el momento se deduce que la evolución de los mamíferos a partir de los reptiles, ocurrida hace más de doscientos millones de años, vino acompañada de un notable incremento del tamaño relativo del cerebro y de la inteligencia, y que la evolución del hombre a partir de los primates más simples, ocurrida unos cuantos millones de años atrás, impulsó un proceso de cerebración todavía más asombroso.

El cerebro humano (dejando a un lado el cerebelo, que no parece tenga intervención en las funciones cognoscitivas) contiene alrededor de diez mil millones de elementos conmutadores llamados neuronas. (El cerebelo, situado debajo de la corteza cerebral, en la parte posterior de la cabeza, contiene aproximadamente otros diez millones de neuronas.) Los flujos eléctricos generados por y a través de las neuronas o células nerviosas llevaron al anatomista Luigi Galvani al descubrimiento de la electricidad. Galvani había comprobado que se podían enviar impulsos eléctricos a las ancas de la rana y que aquéllas se contraían espasmódicamente. Desde entonces se extendió la idea de que la electricidad era la causa de la motricidad animal en su acepción más profunda. A lo sumo, esta es una verdad a medias. Los impulsos eléctricos, transmitidos por conducto de las fibras nerviosas, producen efectivamente, por intermedio de agentes neuroquímicos, movimientos tales como la articulación de los miembros; pero los impulsos se generan en el cerebro. Sin embargo, la moderna ciencia de la electricidad, así como las industrias eléctricas y electrónicas, ven el origen de su actividad en los experimentos de estimulación eléctrica y subsiguiente contracción nerviosa de las ancas de las ranas llevados a cabo en el siglo XVIII.

Pocos decenios después de la muerte de Galvani, un grupo de escritores ingleses bloqueado en los Alpes por los rigores invernales decidió, como pasatiempo, ver cuál de sus componentes era capaz de escribir el relato más alucinante. Fue así como Mary Wollstonecraft Shelley, que formaba parte del grupo, escribió la archiconocida historia del monstruo del doctor Frankenstein, que cobra vida al serle aplicadas intensas descargas eléctricas. Desde entonces, el instrumental y los artificios eléctricos han sido ingrediente indispensable en la ambientación de las novelas y películas de terror. La idea de que estos elementos sean tan importantes para la creación de la vida humana arranca básicamente de Galvani, pero resulta un tanto equívoca, pese a lo cual el concepto ha tomado carta de naturaleza en numerosas lenguas occidentales. Así, puedo afirmar que me he sentido *galvanizado* por el afán de escribir este libro.

En general, los neurobiólogos estiman que las neuronas son los elementos activos de la función cerebral, si bien existen indicios de que determinados tipos de memoria y otras funciones cognoscitivas pueden estar ubicadas en ciertas moléculas del cerebro, tales como el ARN o las proteínas de reducido peso molecular. A cada neurona cerebral le corresponden aproximadamente diez células gliales o neurogliales (de la denominación griega de la cola o visco), que constituyen el andamiaje de la construcción neuronal. Por término medio una neurona del cerebro humano posee entre 1.000 y 10.000 sinapsis o puntos de contacto con las neuronas más próximas. (Parece que muchas neuronas de la médula espinal poseen alrededor de 10.000 sinapsis, y es posible que las llamadas células de Purkinje, en el cerebelo,



tengan todavía más. En cuanto al número de conexiones por neurona en la corteza cerebral, es probable que sean menos de diez mil.) En el supuesto de que cada sinapsis responda a una cuestión elemental con un simple «sí» o «no», al igual que los elementos de conmutación de las computadoras electrónicas, resultaría que el máximo de respuestas en uno u otro sentido, o bits de información, que podría contener el cerebro sería, poco más o menos, de  $10^{10} \times 10^3 = 10^{13}$ , esto es, 10 billones de bits (o 100 billones =  $10^{14}$  bits, si partimos de  $10^4$  sinapsis por neurona). Algunas de dichas sinapsis contienen probablemente la misma información que otras sinapsis; otras guardarán relación con funciones motoras u otras funciones no cognoscitivas; finalmente, las habrá vacías de contenido, actuando como amortiguadores en espera del flujo informativo de la próxima jornada.

Si el cerebro humano tuviera una sola sinapsis —lo que correspondería a un individuo de monumental estupidez— no podríamos alcanzar más que dos estados mentales. Si las sinapsis fueran dos, tendríamos  $2^2 = 4$  estados; si fueran tres,  $2^3 = 8$  estados, y siguiendo esta progresión, a  $n$  sinapsis corresponderían  $2^n$  estados. Pero el caso es que el cerebro humano contiene alrededor de  $10^{13}$  sinapsis, por lo que el número de estados mentales que puede alcanzar el hombre es de  $2^{10^{13}}$ , o sea, 2 multiplicado por sí mismo diez billones de veces. Se trata de una cifra irrepresentable, mucho mayor, por ejemplo, que el número de partículas elementales (protones y electrones) que existen en todo el universo, número muy inferior a  $2^{1000}$ . Debido a esta ingente cantidad de configuraciones cerebrales funcionalmente distintas no puede haber dos hombres iguales, ni siquiera dos gemelos monovitelinos que se hayan criado juntos. Esta cifra colosal puede explicar también, hasta cierto punto, el porqué de la imposibilidad de predecir la conducta humana y el hecho de que en un momento dado llegamos a sorprendernos a nosotros mismos de nuestros propios actos. Y, ciertamente, a la vista de tales magnitudes, es realmente asombroso que existan pautas regulares de conducta en el hombre. La única respuesta válida es la de que en modo alguno se han agotado la totalidad de estados cerebrales y que, por consiguiente, existe un ingente número de configuraciones mentales no experimentadas, y ni siquiera atisbadas por el ser humano a lo largo de la historia de la humanidad. Desde este ángulo, todos somos diferentes entre sí, por lo que el reconocimiento de la inviolabilidad de la vida humana, en razón a la singularidad de cada individuo, resulta una consecuencia ética plausible.

En los últimos años se ha podido determinar la existencia de microcircuitos electrónicos en el cerebro. Las neuronas que constituyen estos microcircuitos presentan una gama de respuestas que va mucho más allá del escueto «sí» o «no» de los elementos conmutadores de las computadoras. Debido a su reducidísimo tamaño (normalmente, una diezmilésima de centímetro) los microcircuitos pueden procesar la información a gran velocidad, pues responden a estímulos o impulsos cuyo voltaje es una centésima menor del que se necesita para estimular a una neurona común y, por lo tanto, son capaces de dar respuestas mucho más precisas y complejas. A lo que parece, estos microcircuitos proliferan de manera congruente con nuestras nociones habituales acerca de la complejidad de un animal, por lo que sería en el ser humano donde se daría una mayor proliferación de los mismos, tanto en términos absolutos como relativos. Por otra parte, en el hombre se desarrollan en una fase embriológica tardía. La existencia de dichos microcircuitos induce a suponer que la inteligencia no sólo es la resultante de unos índices de proporcionalidad muy elevados entre cerebro y masa corporal, sino también de la abundancia de elementos conmutadores en el cerebro que realizan funciones muy específicas. Los microcircuitos hacen que el número de estados cerebrales sea mayor que el calculado en el párrafo anterior, con lo que se realza la sorprendente unicidad del cerebro de cada individuo.

Cabe, también, abordar el tema del caudal de información con tenido en el cerebro humano con arreglo al método introspectivo, completamente distinto del precedente. Tratemos, por ejemplo, de representarnos visualmente una escena de nuestra niñez. Escrutémosla con los ojos de la imaginación y supongámosla compuesta por una finísima trama de puntos, como las telefotos de los periódicos. Cada puntito tiene un color y una intensidad de tono. Se trata de averiguar cuántos bits de información se necesitan para fijar el color y la intensidad tonal de cada uno de ellos, cuántos puntitos forman la imagen representada y cuánto tiempo se requiere para grabar en la mente todos los detalles de la imagen. En esta evocación retrospectiva, uno centra la imaginación en una pequeñísima porción de la imagen cada vez, obteniendo un campo de visión muy reducido. Al integrar los distintos fragmentos de imagen, determinamos la velocidad con que el cerebro procesa los datos acumulados, que se expresará en bits por segundo. Realizado este cálculo, se detecta una velocidad máxima de procesamiento de unos 5.000 bits por segundo.

El ángulo de uno al otro extremo del horizonte en una superficie plana mide 180 grados; el diámetro de la luna es de 0,5 grados. Me consta que puedo apreciar algunos detalles en la superficie del astro, tal vez unos doce elementos visuales. De ello se deduce que el ojo tiene un poder de resolución de unos  $0,5 / 12 = 0,04$  grados. Todo lo que esa cifra escapa a la visión del ojo humano. Según parece, el campo visual instantáneo que percibe el «ojo» de mi mente, así como mi ojo real, es unos dos grados por lado. Así pues, la figurita cuadrada que puedo visualizar en cualquier momento dado, contiene alrededor de 2.500 elementos gráficos ( $2 / 0,04$ )<sup>2</sup> equivalentes a los puntitos de una telefoto. Establecer toda la posible gama de grises y de color de estos puntos exige unos 20 bits por cada elemento de la imagen. Así, la descripción de la figurita a que aludía requiere unos 50.000 bits ( $2.500 \times 20$  bits). Pero escrutar la imagen requiere unos diez segundos, por lo que la velocidad de procesamiento sensorial de datos probablemente no es mucho mayor de 5.000 bits por segundo ( $50.000 / 10$ ). A título de referencia, las cámaras instaladas en el *lander* del *Viking*, que poseen asimismo un poder de resolución de 0,04 grados, utilizan sólo seis bits por elemento gráfico para establecer su intensidad de tono y es capaz de transmitirlos directamente por radio a la Tierra a razón de 500 bits por segundo. Las neuronas del cerebro generan un potencial de 25 vatios, apenas suficiente para encender una pequeña luz incandescente. El potencial del *lander* del *Viking* para la transmisión de mensajes por radio y la realización de las restantes funciones encomendadas es de unos 50 vatios en total.

Por lo general, estas evocaciones visuales se concentran en los perfiles de las formas y en los contrastes muy marcados de color, como el paso del blanco al negro, más que en la representación de las gradaciones intermedias. La rana, por ejemplo, propende marcadamente a visualizar los gradientes de intensidad de tono. Con todo, existen claros

indicios de que con razonable frecuencia se da una detallada rememoración no sólo de los contornos de los objetos o figuras, sino también de su masa interior. Tal vez el ejemplo más chocante sea realizar con el hombre el experimento de reconstrucción estereoscópica de una imagen tridimensional a base de contemplar separadamente un mismo objeto situado ante uno y otro ojo. La fusión de imágenes en este anáglifo exige la rememoración de 10.000 elementos visuales.

Pero cuando estoy en estado de vigilia no me paso las horas reteniendo imágenes visuales ni me dedico a escudriñar sin tregua a cuantas personas y objetos encuentro a mi paso. Todo lo más, dedico a ello un pequeño porcentaje de mi tiempo. Mis restantes conductos de información —auditivos, táctiles, olfativos y gustativos— también participan, pero con una velocidad de transmisión mucho más baja. Finalmente, deduzco que la velocidad media de mi cerebro en el tratamiento de la información es de unos 100 bits (5.000/50) por segundo. Así pues, resultaría que a lo largo de un periodo de sesenta años destinamos  $2 \times 10^{11}$  bits, o sea un total de 200.000 millones de bits, a la retentiva visual y de otro género, en el supuesto de que poseamos una buena memoria. Se trata de una cifra inferior, aunque razonablemente inferior, al número de sinapsis o conexiones neurales (puesto que el cerebro realiza otras funciones, además de la simple evocación mental), e indica que las neuronas son, indiscutiblemente, los elementos conmutadores básicos de la función cerebral.

El psicólogo norteamericano Mark Rosenzweig y sus colegas de la Universidad de California en Berkeley han llevado a cabo una serie de notables experimentos sobre los cambios que experimenta el cerebro durante el proceso de aprendizaje. Para ello constituyeron dos colonias de ratas de laboratorio: una en un medio silencioso, monótono y degradado, y otra en un entorno abigarrado, bullicioso y estimulante. Pues bien, el segundo grupo mostró un asombroso aumento de la masa y espesor de la corteza, simultáneamente con una serie de alteraciones en la química del cerebro. El fenómeno pudo detectarse tanto en los roedores maduros como en los jóvenes. Esta clase de experimentos demuestra que las incidencias de orden intelectual van acompañadas de cambios fisiológicos y pone de manifiesto que la plasticidad o adaptabilidad puede ser regulada anatómicamente. Teniendo en cuenta que una corteza cerebral más grande puede facilitar el aprendizaje futuro, se aprecia claramente la importancia de que la niñez del individuo transcurra en un medio estimulante.

Ello significaría que el saber adquirido se corresponde con la producción de nuevas sinapsis o la reactivación de las casi extintas. El neuroanatomista William Greenough, de la Universidad de Illinois, junto con sus colaboradores, ha encontrado indicios que abonan esta hipótesis. En efecto, se ha comprobado que las ratas, después de varias semanas dedicadas al aprendizaje de nuevas instrucciones en el laboratorio, desarrollan en su corteza las ramas neuronales que necesitan para formar sinapsis. Por el contrario, otros roedores sometidos a las mismas condiciones ambientales pero que recibieron una instrucción mucho menos amplia no presentaron innovaciones neuroanatómicas de clase alguna. La formación de nuevas sinapsis requiere la síntesis de moléculas de proteína y de ARN. Pues bien, existen abundantes indicios de que estas moléculas se elaboran en el cerebro durante el aprendizaje, e incluso se ha dicho que el saber está contenido en las moléculas de proteína o de ARN del cerebro. Pero lo más probable es que la información incorporada esté contenida en las neuronas, que a su vez están constituidas por proteínas y ARN.

¿Cuál es el grado de compactibilidad de la información almacenada en el cerebro? Por regla general, un computador moderno en funcionamiento alberga un caudal informativo de alrededor de un millón de bits por centímetro cúbico, cantidad resultante de dividir el total de información almacenada en el computador por su volumen. Como hemos dicho, el cerebro humano almacena alrededor de  $10^{13}$  bits en poco más de  $10^3$  centímetros cúbicos. Así pues, su densidad de información es de  $10^{13}/10^3 = 10^{10}$ , o sea, unos diez mil millones de bits por centímetro cúbico. Por lo tanto, el cerebro acumula diez mil veces más información que un computador, pese a la diferencia de tamaño entre uno y otro. Dicho de otra manera: un computador de la última generación que tuviera que procesar los datos contenidos en el cerebro humano, tendría que tener un volumen diez mil veces mayor. Por otra parte, los actuales computadores electrónicos pueden procesar la información a una velocidad entre  $10^6$  y  $10^7$  bits por segundo, mientras que la velocidad máxima que desarrolla el cerebro es diez mil millones de veces menor. Fácil es imaginar cuan perfecto debe ser el sistema de almacenamiento y «bobinado» del cerebro, habida cuenta de su enorme volumen informativo y lenta velocidad de procesamiento de datos, para realizar tantas tareas vitales con mucha mayor eficiencia que el más perfeccionado de los computadores.

El número de neuronas contenidas en el cerebro de un animal no crece a la par que el volumen del cerebro, sino que aumenta más lentamente. Como se ha dicho, el cerebro del hombre, cuyo volumen es de unos  $1.375 \text{ cm}^3$ , contiene, aparte del cerebelo, unos diez mil millones de neuronas y diez billones de bits. No hace mucho, hallándome en un laboratorio del Instituto Nacional de Salud Mental cercano a Bethesda, Maryland, tuve entre mis manos el cerebro de un conejo. Su volumen era a lo sumo de treinta centímetros cúbicos, poco más o menos el tamaño de un rábano común, correspondiente a unos pocos centenares de millones de neuronas y a unos cien mil millones de bits. Esta masa encefálica regulaba, entre otras cosas, la masticación de la lechuga, las contracciones del hocico y la actividad sexual de los individuos adultos.

Dado que en el seno de grupos taxonómicos como los mamíferos, reptiles o anfibios hay individuos con muy distintas masas cerebrales, no nos es posible ofrecer una evaluación fidedigna acerca del número de neuronas que contiene el cerebro de un representante común de cada entidad o categoría taxonómica, pero sí podemos calcular los valores medios, como se muestra en el gráfico de la página 32. Las evaluaciones aproximadas que allí se ofrecen indican que el cerebro del hombre tiene, poco más o menos, cien veces más bits de información que un conejo. No sé si tendrá utilidad saber que el hombre es cien veces más inteligente que el conejo, pero en todo caso no me parece una aserción ridícula. (Por supuesto que de ello no debe inferirse que un centenar de conejos alcancen el nivel de

inteligencia de un ser humano.)

Estamos ya en condiciones de poder comparar el gradual incremento que ha ido experimentando el caudal de información contenido en el material genético y el acumulado en el cerebro de los organismos a lo largo de los sucesivos estadios evolutivos. La intersección de las dos curvas (página 32) coincide con una fecha que nos lleva a remontarnos unos cuantos centenares de millones de años en el pasado y a un volumen de información equivalente a unos miles de millones de bits. En algún lugar de las calurosas junglas del carbonífero emergió un organismo que por vez primera en la historia de la Tierra poseía más información en el cerebro que en los genes. Se trataba de uno de los primeros reptiles, y si nos topásemos con él en nuestro supercivilizado mundo, no le asignaríamos un grado de inteligencia excepcional. Sin embargo, este cerebro marcó un simbólico hito en los anales de la vida sobre el planeta. Los dos jalones subsiguientes en el proceso de cerebra-ción, coincidentes con la aparición de los mamíferos y el advenimiento de los primates semejantes al hombre, constituyeron un avance todavía más significativo en lo tocante a la evolución de la inteligencia. Gran parte de la historia de la vida a partir del carbonífero puede ser descrita como el progresivo —y, por supuesto, incompleto— dominio del cerebro sobre los genes.

**E**l cerebro de un pez es incipiente. Un pez posee un notocordio o médula espinal, al igual que otros invertebrados de inferior jerarquía. Un pez primitivo tiene, además, una pequeña protuberancia en el extremo frontal de su médula espinal que hace las veces de cerebro. En los peces más evolucionados esta protuberancia está más desarrollada, pero su peso aún no sobrepasa los dos gramos. En los animales superiores, esta turgencia corresponde al llamado cerebro posterior o rombencéfalo y al cerebro medio o mesencéfalo. El cerebro de los actuales peces está constituido en buena parte por el mesencéfalo y un diminuto prosencéfalo (cerebro anterior), a la inversa que en los reptiles y anfibios contemporáneos (véase la figura de la página 56). Y, sin embargo, los registros fósiles de los primeros vertebrados conocidos nos muestran ya configuradas las principales divisiones del cerebro del hombre actual (por ejemplo, regiones anterior, media y posterior). Hace quinientos millones de años, nadaban en los mares primitivos unos vertebrados acuáticos pisciformes —los llamados placodermos y ostracodermos— cuyos cerebros tenían ostensiblemente las mismas divisiones básicas que los nuestros. Con todo, el tamaño y la importancia proporcional de sus partes, e incluso las funciones primitivas de las mismas, eran sin duda muy diferentes a los de nuestros días.

Esquemas comparativos de los cerebros de un pez, un anfibio, un reptil, un ave y un mamífero. El cerebelo y la médula oblongada forman parte del cerebro posterior.

Una de las perspectivas más interesantes de la ulterior evolución del cerebro es la crónica del continuo crecimiento y especialización de tres nuevas capas o membranas que coronan la médula espinal, el rombencéfalo y el mesencéfalo. Al término de cada fase de la evolución perviven las antiguas divisiones cerebrales, pero deben adecuarse al cambio y, además, se ha unido a ellas una nueva capa dotada de nuevas funciones.

Paul MacLean, director del laboratorio de evolución cerebral y conducta del Instituto Nacional de Salud Pública, es en la actualidad el más destacado representante de esta teoría. Uno de los rasgos más sobresalientes del trabajo de MacLean es que abarca una amplia gama de especies animales, desde el lagarto hasta el

tití. Otra nota acreditativa de su excelente labor es el minucioso estudio que él y sus colegas han llevado a cabo sobre el comportamiento social y de todo tipo de estos animales para así incrementar las posibilidades de descubrir qué actos de conducta concretos regula cada una de las partes del cerebro.

Los títulos de rasgos faciales «exóticos» se saludan entre sí con arreglo a una especie de ritual exhibicionista. Los machos muestran la dentadura, sacuden las barras de la jaula, lanzan un chillido estridente —que a buen seguro tiene carácter intimidatorio en las colonias de estos platirrinos— y elevan las piernas dejando al descubierto el pene erecto. Si en la comunidad humana un comportamiento de este género se consideraría en muchos casos sumamente grosero, en lo que respecta a los titíes constituye un acto complejo que sirve para mantener la jerarquía de dominio en el ámbito de su comunidad.

MacLean ha descubierto que basta la lesión de una pequeña porción del cerebro para que el tití no pueda acometer la exhibición referida, aun cuando mantenga intactas sus restantes facultades, como pueden ser las funciones sexuales y la agresividad. La parte afectada se halla en la parte más «vieja» del prosencéfalo, que tanto el hombre como otros primates comparten con los mamíferos y reptiles antecesores del hombre. En los mamíferos no pertenecientes al orden de los primates y en los reptiles se da un comportamiento ritual semejante que, al parecer, se regula desde la misma región cerebral. Las lesiones de este componente reptiloide pueden repercutir sobre otras actividades automáticas no precisamente rituales como, por ejemplo, los actos de andar o de correr. Entre los primates hallamos con frecuencia esta relación entre ostentación sexual y posición jerárquica del individuo. Por ejemplo, entre los macacos japoneses, la casta social se mantiene y refuerza mediante la monta diaria de los individuos de castas inferiores, que adoptan la sumisa postura sexual característica de la hembra en celo mientras los machos dominantes efectúan una breve y formularia cubrición. Se trata no tanto de apareamientos de carácter sexual como de actos generalizados y rutinarios que denotan claramente la identidad social del individuo en el seno de una sociedad compleja.

En un estudio sobre el comportamiento del tití Caspar, el animal dominante de la colonia y, con mucho, el más exhibicionista, no fue visto ni una sola vez copulando pese al gran número de veces que hizo ostentación del miembro genital (las dos terceras partes del total computado); por lo demás, casi todas sus exhibiciones iban dirigidas a otros machos adultos. El hecho de que Gaspar se viera fuertemente inducido a dejar constancia de su dominio, pero en cambio muy poco estimulado en cuanto a sus apetitos sexuales, indica que aun cuando ambas funciones puedan suponer la intervención de los mismos órganos no guardan entre sí una relación directa. Los científicos que estudiaban el comportamiento de la citada colonia llegaron a la conclusión de que «la exhibición de los genitales debe ser considerada como el signo socialmente más eficaz para delimitar la jerarquía del individuo dentro del grupo. Con este comportamiento de carácter ritual, el mono parece querer indicar: Aquí soy yo quien manda. Seguramente deriva de la práctica sexual, pero se utiliza con fines de comunicación social, sin relación con la actividad reproductiva. En otras palabras la exhibición fálica es un ritual derivado del comportamiento sexual pero que cumple un fin social, no de orden reproductivo».

Durante un programa televisivo con personajes invitados emitido en 1976, el entrevistador preguntó a un jugador de fútbol profesional si a los miembros del equipo les resultaba embarazoso mostrarse desnudos en el vestuario, a lo

que ei interpelado contestó sin vacilar: «¡Qué va! ¡Nos gusta exhibirnos! Nadie se siente violento. Es como si nos dijésemos el uno al otro: ¡En, tío veamos qué calibre gastas!... Puede que con los entrenadores o los masa jistas no sea lo mismo».

Las relaciones de comportamiento y neuroanatómicas entre apt título sexual, agresividad y dominio se han visto confirmadas por una amplia variedad de estudios. El ceremonial que conlleva el apareamiento de los gatos monteses y muchos otros animales es difícilmente distinguible, al menos en las primeras fases, del combate entre dos individuos de la misma especie. Todo el mundo sabe que a veces el gato doméstico ronronea irritado mientras raspa lentamente con sus garras el tapizado de un mueble o la piel del hombre protegida por una liviana prenda de vestir. El empleo de la sexualidad como fórmula para fijar y mantener la relación de dominio se aprecia a veces en las prácticas heterosexuales y homosexuales del hombre (aun cuando no se trate, por supuesto, del único elemento que interviene en ellas), así como en muchas expresiones «obscenas». Téngase en cuenta la peculiaridad de que el más común de los insultos verbales en inglés (*fuck-you*, «jódete») y, también en muchos otros idiomas, hace referencia a un acto de intenso placer físico. Probablemente, la forma inglesa deriva del antiguo verbo alemán y holandés *fokken*, que significa «golpear», «atacar», «dar caña», etc. Este por lo demás enigmático empleo puede entenderse como un equivalente verbal del lenguaje simbólico del macaco, en el que el pronombre «yo» queda sobreentendido por ambas partes. Tanto esta expresión como otras de parecida índole parecen constituir un apareamiento de carácter ceremonial entre individuos de la especie humana. Como tendremos ocasión de ver, es probable que este comportamiento se retrotraiga a especies muy anteriores a los monos y se remonte cientos de millones de años en el pasado geológico.

Partiendo de experimentos como los realizados con los títes, MacLean ha elaborado un sugestivo modelo de la estructura y evolución cerebral que él llama cerebro «trino». Afirma que «estamos obligados a examinarnos a nosotros mismos y al mundo en general a través de tres mentalidades muy distintas», en dos de las cuales no interviene la facultad del habla. MacLean sostiene que el cerebro humano «equivale a tres computadores biológicos interconectados», cada uno de los cuales posee «su peculiar y específica inteligencia, subjetividad y sentido del tiempo y del espacio, así como sus propias funciones de memoria, motrices y de todo tipo». Cada cerebro corresponde a una etapa evolutiva de trascendental importancia. El referido investigador afirma también que los tres cerebros se distinguen tanto por su configuración neuroanatómica como por su funcionalidad, y que contienen proporciones muy dispares de dopamina y colinesterasa, dos sustancias químicas cerebrales.

La parte más primitiva del cerebro humano comprende la médula espinal; la médula oblongata y la protuberancia anular (o pons), que forman el cerebro posterior; y el cerebro medio o mesencéfalo. MacLean llama «armazón neural» al conjunto integrado por la médula espinal, el cerebro posterior y el cerebro medio.

Alberga los mecanismos neurales básicos de la reproducción y la autoconservación, aspecto que incluye la regulación del ritmo cardíaco, circulación sanguínea y respiración. En un pez o un anfibio este es casi todo el cerebro que existe, pero según MacLean, un reptil o animal superior privado de prosencéfalo (cerebro anterior) es «tan insensible y tan inútil como un vehículo parado sin conductor».

Representación muy esquematizada del complejo-R, el sistema límbico y el neo-córtex en el cerebro humano, según MacLean.

En mi opinión, la llamada epilepsia *gravior o gran mal* puede ser considerada como una dolencia en la que los impulsores cognoscitivos han quedado inutilizados debido a una especie de tormenta eléctrica sobrevenida en el cerebro, tras la cual, el sujeto afectado no dispone momentáneamente de más elemento operativo que el armazón neural. Se trata de una grave lesión que, momentáneamente, hace retroceder a la víctima varios cientos de millones de años. Los antiguos griegos, de los que seguimos utilizando el nombre con que denominaron a la enfermedad, reconocieron el carácter insondable de la misma y la llamaron «la enfermedad infligida por los dioses».

MacLean distingue tres clases de elementos motrices del arma zón neural. El de formación más antigua envuelve el cerebro medio (integrado en buena parte por lo que los neuroanatomistas denominan la estría olfatoria, el cuerpo estriado y el *globus pallidus*); lo comparten con nosotros los restantes mamíferos y los reptiles. Probablemente se desarrolló hace varios centenares de millones de años. MacLean lo denomina el complejo reptílico o complejo R. Rodeándolo se halla el sistema límbico, llamado así porque linda con el cerebro propiamente dicho. (En inglés, brazos y piernas se llaman *limbs* [miembros] por ser órganos *periféricos* al resto del cuerpo.) También los restantes mamíferos tienen un sistema límbico, y en un grado mucho menos evolucionado lo poseen asimismo los reptiles. Seguramente se originó hace más de ciento cincuenta millones de años.

Por último, rematando lo que resta del cerebro, se encuentra el neocórtex, sin duda la incorporación evolutiva más moderna. El hombre, al igual que los mamíferos superiores y los restantes primates, posee un neocórtex proporcionalmente grande. En los mamíferos más evolucionados se aprecia un aumento gradual de esta zona cerebral. El más perfecto es el nuestro (junto con el de los delfines y los grandes cetáceos como las ballenas). Probablemente se constituyó hace varias decenas de millones de años, pero con la aparición del hombre su desarrollo se aceleró en gran manera. En la página anterior ofrecemos una representación esquemática ajustada a esta descripción del cerebro humano, y en la parte superior de la página siguiente un cotejo del sistema límbico con el neocórtex en tres mamíferos contemporáneos. El concepto de cerebro «trino» concuerda de forma notable con la conclusión, derivada de forma independiente del estudio de la proporción entre masa cerebral y masa corpórea ofrecido en el capítulo anterior, de que la aparición de los mamíferos y de los primates (especialmente del hombre) vino acompañada de verdaderos hitos en el proceso de cerebración.

Representación esquemática de la parte superior y lateral de los cerebros del conejo, el gato y el mono. Las zonas punteadas en negro constituyen el sistema límbico, que se aprecia más claramente en los esquemas laterales. La región en blanco, con presencia de surcos, representa el neocórtex, visible sobre todo en las figuras de la parte superior.

Resulta muy difícil evolucionar alterando la estructura profunda de la vida. Cualquier intento de cambio puede resultar funesto. Aun así es posible que se produzcan transformaciones básicas mediante la superposición de nuevos sistemas a los ya existentes. Ello nos trae a la memoria una teoría que Ernest Haeckel, el anatomista alemán del siglo XIX, llamó de la *recapitulación* y que ha conocido distintas fases de aceptación y rechazo entre los medios científicos. Decía Haeckel que durante su desarrollo embriológico un animal tiende a repetir o «recapitular» la secuencia evolutiva de sus antecesores. Asimismo, el feto humano, durante su vida intrauterina, pasa por distintas fases evolutivas muy semejantes a las de los peces, reptiles y mamíferos antes de desarrollar aquellos rasgos fisiológicos que acreditan su condición de hombre. Durante la etapa pisciforme inclusive posee unas hendiduras branquiales, que no reportan utilidad alguna al embrión, ya que éste se alimenta a través del cordón umbilical, pero que son vitales dentro del proceso embriológico humano. En efecto, dado que las branquias eran un órgano fundamental para nuestros antepasados, el embrión humano pasa por una fase de desarrollo branquial. El cerebro de un feto humano también se desarrolla de dentro hacia afuera y, en términos aproximados, pasa por la secuencia almacén neural, complejo R, sistema límbico y neocórtex (véase en la página 204 un esquema seriado del desarrollo embrionario del cerebro humano).

Las causas explicativas de la recapitulación pueden entenderse del siguiente modo. La selección natural opera tan sólo en los individuos, no en la especie, y escasamente sobre los huevos o los fetos. En este sentido, el último cambio evolutivo se produce después del parto. Puede que el feto presente determinados rasgos, como las ya citadas hendiduras branquiales de los mamíferos, que perjudicarían la adaptación del individuo al medio tras su nacimiento, pero mientras no causen daños al feto y desaparezcan antes del parto, el organismo las tolera sin dificultad. Nuestras hendiduras branquiales no son vestigios de los antiguos peces, sino de los primitivos embriones de peces. Muchos órganos de nueva génesis se constituyen, no por adición y conservación, sino por transformación de órganos primitivos en otros nuevos: las aletas se transforman en patas y las patas en miembros natatorios o alas; los pies se convierten en manos, y a la inversa; las glándulas sebáceas en glándulas mamarias; los arcos branquiales en los huesos del oído; las escamas de los tiburones en dientes, etc. Por lo tanto, la evolución por adición o superposición y la preservación funcional de la estructura preexistente se produce por una de estas dos razones: o bien porque la primitiva función es tan necesaria como la nueva, o bien porque no existe medio de relegar el órgano antiguo sin poner en peligro la supervivencia del individuo.

La naturaleza nos ofrece muchas otras muestras de este tipo de desarrollo evolutivo. Para tomar un ejemplo, casi al azar, analicemos por qué las plantas son verdes. El proceso de fotosíntesis de las plantas verdes utiliza la luz de las bandas roja y violeta del espectro solar para romper las moléculas de agua, formar hidratos de carbono y acometer otras funciones vegetales. Sin embargo, el sol irradia más luz en las bandas amarilla y verde del espectro que en las bandas roja y violeta. Las plantas cuyo único pigmento fotosintético es la clorofila rechazan, pues, la fuente lumínica más abundante. Muchos vegetales parecen haber «advertido» un tanto tardíamente esta circunstancia y han llevado a cabo las pertinentes adaptaciones. También han ido apareciendo otros pigmentos que reflejan la luz roja y absorben la verde y la amarilla, como los carotenoides y ficobilinas. Tanto mejor. Cabe preguntarse, empero, si estas plantas que utilizan nuevos pigmentos en la operación de fotosíntesis han prescindido de la clorofila. La respuesta es negativa. La fotografía de esta página nos muestra la «fábrica» fotosintética de un alga roja. Las zonas estriadas contienen clorofila y las pequeñas esferas arrebujadas junto a ellas contienen ficobilinas, que son las que confieren a esta alga su típica coloración rojiza. Por regla general, estas plantas transfieren la energía que toman de las bandas verde y amarilla de la luz solar al pigmento de la clorofila, que aun cuando no la absorba, sigue siendo instrumento válido para salvar los desajustes entre la luz y los procesos químicos en la fotosíntesis de todas las plantas. La naturaleza no podía prescindir sin más de la clorofila para sustituirla con pigmentos más idóneos, y ello porque está profundamente urdida con la obra estructural de la vida. Que duda cabe, las plantas que poseen otros pigmentos suplementarios se diferencian de las restantes en cuanto que son más eficientes; pero de todas formas, en ellas hallamos como elemento clave del proceso de fotosíntesis la clorofila, que sigue activa aunque con responsabilidades muy disminuidas. Pues bien, estimo que el proceso evolutivo del cerebro ha seguido el mismo cauce y que las partes más internas, las más primitivas, continúan cumpliendo su misión.

Fotografía de una pequeña planta llamada *alga roja* tomada con el microscopio electrónico. Su denominación científica es la de *Porphyridium cruentum*. El clo-roplasto, factoría fotosintética de este organismo, ocupa casi toda la superficie de la célula. La imagen ha sido ampliada 23.000 veces y fue tomada por la doctora Elizabeth Gantt, del laboratorio de Biología y Radiación de la Smithsonian Institution.

## El complejo R

Si la tesis que hemos avanzado es correcta, cabe suponer que en cierto modo el complejo R sigue desempeñando

dentro del cerebro humano las mismas funciones que cumplía en el dinosaurio, y que la corteza límbica genera los estereotipos mentales de los pumas y los perezosos. Es indiscutible que cada nueva fase en el proceso de cerebración viene acompañada de transformaciones en la fisiología de los primitivos componentes del cerebro. La evolución del complejo R habrá acarreado cambios en el cerebro medio y en otras regiones del encéfalo. Pero sabemos que la regulación de buen número de funciones es tarea común de diferentes componentes cerebrales, y sería realmente extraño que los componentes cerebrales de la base del neocórtex no continuaran actuando en buena medida como lo hacían en tiempos de nuestros remotos antecesores. MacLean ha demostrado que el complejo R desempeña un papel importante en la conducta agresiva, la territorialidad, los actos rituales y el establecimiento de jerarquías sociales. Salvo excepciones esporádicas, a las que damos la bienvenida, tengo la impresión de que estos rasgos configuran en buena medida el comportamiento burocrático y político del hombre actual. No quiero decir con ello que el neocórtex no juegue también su papel en una convención política estadounidense o en una sesión del Soviet Supremo de la URSS. A fin de cuentas, se trata de rituales en los que prevalece la comunicación de tipo verbal, es decir, generada por aquel órgano. Pero sorprende comprobar en qué medida nuestros actos reales —en contraposición a lo que decimos o pensamos— pueden explicarse en función de las pautas que rigen la conducta de los reptiles. Hablamos muchas veces de asesinos que matan «a sangre fría». Entre los consejos de Maquiavelo al príncipe está el de «actuar a sabiendas como las alimañas».

En lo que cabe considerar como una interesante anticipación parcial de estas ideas, la filósofa norteamericana Susanne Langer escribió: «La vida humana está punteada de actos rituales, como lo están los hábitos de los animales. Es una obra intrincada en la que se entremezclan la razón y el rito, el saber y la religión, la prosa y la poesía, la realidad y los ensueños... El ritual, como el arte, es en esencia la culminación activa de una transformación simbólica de la experiencia. Se engendra en la corteza, no en el "cerebro primitivo", pero es fruto de una *necesidad elemental* de dicho órgano, una vez desarrollado éste hasta acceder al estadio humano». Salvo el hecho de que el complejo R *es parte* del «cerebro primitivo», la autora de estas palabras da de lleno en el blanco. Quisiera hablar sin reticencias acerca de las repercusiones que tiene en el plano social la aseveración de que el cerebro del reptil influye en los actos del hombre. Si la conducta burocrática está esencialmente regulada por el complejo R, ¿significa esto que no hay esperanza para el futuro humano?

Dos fotografías en el interior del tercer ventrículo del cerebro tomadas con el microscopio electrónico por Richard Steger, de la Wayne State University. Se observan en ellas minúsculos apéndices filamentosos o cilios de movimiento ondulante transportando pequeñas proteínas cerebrales esféricas. Parece que estamos ante una multitud por encima de cuyas cabezas cruzan grandes pelotas playeras.

En el hombre, el neocórtex representa alrededor del 85 por 100 del cerebro, lo que refleja en cierta medida su importancia comparado con el cerebro posterior, el complejo R y el sistema límbico. Tanto la neuroanatomía, como la historia política y la propia introspección ofrecen pruebas de que el ser humano es perfectamente capaz de resistir el apremio de ceder a los impulsos emanados del cerebro del reptil. Es impensable, por ejemplo, que el complejo R pudiera registrar, y mucho menos concebir, la Declaración de los Derechos Humanos contenida en la Constitución norteamericana. Es precisamente nuestra adaptabilidad y largo proceso de maduración lo que impide que aceptemos servilmente las pautas de conducta genéticamente programadas de que somos portadores, y ello de forma más manifiesta que en las restantes especies. Pero, si bien el cerebro trino constituye un buen modelo del comportamiento del hombre, no podemos ignorar el componente reptil de la naturaleza humana, sobre todo en lo que atañe a los actos rituales y jerárquicos. Por el contrario, el modelo del cerebro trino puede ayudarnos a comprender mejor la naturaleza profunda del ser humano. (Me pregunto, por ejemplo, si los aspectos rituales de muchas enfermedades psicóticas como la esquizofrenia hebefrénica pueden ser resultado de la hiperactividad de algún centro del complejo R o del fallo de algún emplazamiento neocortical cuya misión es contener o eliminar al complejo R. También me pregunto si el carácter ritual que posee muchas veces el comportamiento de los niños es consecuencia del todavía incompleto desarrollo de sus neocórtex.)

En un pasaje que, curiosamente, viene muy al caso, G. K. Chesterton escribió: «Puedes liberar a las cosas de leyes accidentales o ajenas a las mismas, pero no de las que conciernen a su propia naturaleza... No vayamos a... forzar la situación hasta el punto de pretender que el triángulo rompa el marco carcelario de sus tres lados, pues en el momento en que lo haga, su vida acaba de forma deplorable». Pero no todos los triángulos tienen los lados iguales. En nuestra mano está efectuar algunos ajustes sustanciales del papel que proporcionalmente corresponde a los diversos componentes del cerebro trino.

## El sistema límbico

En el sistema límbico se gestan las emociones intensas o singularmente vividas, circunstancia que amplía de inmediato nuestra perspectiva acerca de la mente del reptil, en cuanto que ésta no viene caracterizada por indómitas pasiones ni calamitosas contradicciones, sino más bien por una dócil y torpe aquiescencia al modelo de conducta que le dictan sus genes y su cerebro.

Las descargas eléctricas en el sistema límbico producen en ocasiones síntomas similares a los que ocasionan las psicosis o las drogas psicodélicas y alucinógenas. A decir verdad, la sede del efecto de muchas drogas psicotrópicas

reside en el sistema límbico. Quizá sea dicho sistema el que controla la hilaridad, el sobrecogimiento y una gran variedad de sutiles emociones que solemos considerar privativas del hombre.

La pituitaria, «glándula directriz» que influye en otras y domina el sistema endocrino del hombre, forma parte esencial de la región límbica. Las alteraciones del ánimo que acarrear los desequilibrios endocrinos ofrecen interesantes indicios acerca de la conexión del sistema límbico con los estados mentales. En el sistema límbico hay una pequeña inclusión en forma de almendra, llamada amígdala, que desempeña un importante papel en la génesis de los impulsos agresivos y de los sentimientos de temor. La excitación eléctrica de la amígdala en pacíficos animales domésticos puede llevarles a grados de terror o agitación extremos. En el curso de un experimento, un gato se encogió de miedo a la vista de un ratoncito blanco. Por otra parte, animales salvajes como el lince se convierten en dóciles animalitos que se dejan acariciar y manejar a gusto del hombre tras serles extirpadas las amígdalas. Las perturbaciones del sistema límbico pueden originar irritaciones, miedo o emotividad intensa sin causa aparente. La hiperestimulación natural puede producir los mismos resultados. Quienes padecen esta dolencia experimentan sensaciones incomprensibles y sin conexión con la realidad que les categorizan como enajenados mentales.

Parte al menos de la función reguladora de la emotividad que desempeñan glándulas endocrinas del sistema límbico como la pituitaria, la amígdala y el hipotálamo proviene de las pequeñas proteínas hormonales que segregan y que afectan a otras regiones cerebrales. Tal vez la más conocida sea la hormona adrenocorticotrópica (ACTH), proteína de la pituitaria, que puede tener repercusión en funciones mentales tan diversas como la retención visual, la ansiedad y el grado de atención. Algunas proteínas hipotalámicas de pequeño volumen han sido localizadas por vía experimental en el tercer ventrículo del cerebro, que conecta el hipotálamo con el tálamo, zona que también forma parte del sistema límbico. Las asombrosas imágenes de la página 67 tomadas con un microscopio electrónico muestran dos primeros planos de la actividad del tercer ventrículo. El esquema de la página 77 puede servir para clasificar algunos de los aspectos de índole neuroanatómica que acabamos de exponer.

Existen motivos para creer que las raíces del comportamiento altruista se hallan en el sistema límbico. Ni que decir tiene que, salvo raras excepciones (sobre todo los insectos sociales), los mamíferos y las aves son los únicos organismos que se esmeran en el cuidado de su prole, fenómeno de orden evolutivo que, sobre la base del largo periodo de adaptabilidad que origina, saca partido de la considerable aptitud del cerebro de los mamíferos y primates en cuanto al procesamiento de datos. A lo que parece, el amor es invención de los mamíferos.

. Sin embargo, esta norma sobre los cuidados proporcionalmente mayores que los mamíferos prodigan a sus crías frente a los reptiles tiene no pocas excepciones. El cocodrilo hembra del Nilo, por ejemplo, coloca con todo esmero a las crías recién salidas del cascarón en su boca y las deposita en las aguas fluviales, donde gozan de relativa seguridad, en tanto que el león macho del Serengeti, cuando se pone por vez primera al frente de una manada de leones, mata a todos los cachorros allí residentes. Pero, en conjunto, los mamíferos muestran mucho más apego hacia sus crías que los reptiles. Seguramente, esa diferencia era todavía más marcada cien millones de años atrás.

Muchas facetas del comportamiento de los animales tienden a refrendar la noción de que las emociones intensas son básicamente privativas de los mamíferos y en menor grado de las aves. Las similitudes de las reacciones emotivas de los animales domésticos y las del hombre me parecen obvias. Es de sobras conocida la notoria tristeza que invade a las hembras de muchos mamíferos cuando se les arrebatan las crías. Uno se pregunta por la intensidad de estas emociones. ¿Acaso los caballos albergan a veces sentimientos de fervor patriótico? ¿Experimentan los perros hacia el hombre un cierto arrobamiento parecido al éxtasis religioso? ¿Qué otra clase de intensas y recónditas emociones albergan los animales que no comunican con nosotros?

Apunte de la hipotética configuración corpórea de *Lycaenops*, reptil del mesozoico, según John Germann. Posiblemente fueron criaturas de este género, semejantes a los mamíferos, las que primero experimentaron un sustancial desarrollo del sistema límbico.

La parte más primitiva del sistema límbico es la corteza olfativa, relacionada con la percepción de olores, cuya intensa calidad emocional conocen bien la mayoría de los humanos. En el hipocampo, estructura situada dentro del sistema límbico, se localiza buena parte de nuestra capacidad de retención y evocación del pasado, conexión que se aprecia con toda claridad si se toman en cuenta los menoscabos de memoria que producen las lesiones en el mismo. Un caso famoso fue el de H. M., paciente con un largo historial clínico de ataques apopléticos y convulsiones, que sufrió extirpación bilateral de la región que circunda el hipocampo en un logrado intento de aminorar la frecuencia y la intensidad de aquéllos. Inmediatamente el enfermo experimentó amnesia, pero conservó casi intactas sus facultades perceptivas, consiguió asimilar nuevas técnicas motoras y conoció cierto grado de aprendizaje perceptual. De todos modos, no acertaba a recordar un suceso a las pocas horas de acaecido. Según sus propias palabras, «cada día es un episodio aislado; con él se esfuman las alegrías y las tristezas que haya podido experimentar». Describió su vida como una prolongación incesante de esta sensación de aturdimiento que nos sobrecoge al despertar de un sueño sin que acertemos a recordar claramente su contenido. Lo más curioso es que a pesar de la grave lesión que padecía, el



coeficiente de inteligencia de H. M. mejoró al serle extirpada la porción cerebral que envuelve al hipocampo. A lo que parece, percibía los olores, pero no acertaba a identificar por su nombre lo que producía dicho aroma. También mostraba una carencia total de apetitos sexuales.

Otro caso conocido fue el de un joven piloto norteamericano que en el curso de un duelo fingido con otro compañero de escuadrilla sufrió una herida producida por un estilete en forma de florete que le penetró por la ceja derecha y perforó la pequeña zona del sistema límbico situada exactamente encima de la misma. La herida le ocasionó una grave pérdida de memoria, parecida a la que experimentó H. M., aunque menos seria, pues conservó buena parte de sus facultades perceptuales e intelectivas. Los trastornos de la memoria se manifestaron muy en especial en la dificultad para encontrar palabras con que expresarse. Por otro lado, el accidente le ocasionó impotencia sexual y le hizo insensible al dolor. En cierta ocasión paseó descalzo por la cubierta metálica de un buque de pasaje caldeada en extremo por el sol sin darse cuenta de que se estaba infligiendo graves quemaduras, hasta que los pasajeros próximos a él empezaron a quejarse de un nauseabundo olor a carne chamuscada; pero él no sintió dolor alguno ni percibió el desagradable olor a quemado.

En base a los ejemplos expuestos, parece evidente que una actividad propia de los mamíferos tan compleja como la función sexual viene regulada simultáneamente por cada uno de los tres componentes del cerebro «trino»: el complejo R, el sistema límbico y el neocórtex. (Hemos aludido ya a la influencia del complejo R y del sistema límbico en la actividad sexual. El análisis introspectivo nos permite fácilmente recoger pruebas que demuestran la participación del neocórtex.)

Una parcela del sistema límbico primitivo regula las funciones orales y gustativas, y otra las funciones sexuales. La relación entre olfato y actividad sexual es muy antigua y se manifiesta especial mente en los insectos, circunstancia que nos permite apreciar tanto la importancia como las desventajas que comportaba para nuestros antepasados el fiarlo todo a su capacidad olfativa.

En una ocasión fui testigo de un experimento en el transcurso del cual se conectó la cabeza de una mosca verde, mediante un finísimo hilo eléctrico, a un oscioscopio que registraba en una especie de gráfico todos los impulsos eléctricos producidos por su aparato olfativo. (Conviene puntualizar que hacía muy poco que se había separado la cabeza del cuerpo del insecto con objeto de facilitar el acceso al aparato olfativo, y que aquélla continuaba funcionando casi normalmente.)

La cabeza y el cuerpo de un artrópodo siguen funcionando normalmente por breve tiempo aun separadas la una del otro. La *manlis religiosa* hembra suele responder al porfiado cortejo de un macho decapitándolo. Si entre los hombres tal proceder sería socialmente execrable, no ocurre lo mismo entre los insectos. En efecto, al desgajar el cerebro del festo del cuerpo se eliminan las inhibiciones sexuales y se estimula el apareamiento con lo que queda del macho. Luego, la hembra completa el festín con un ágape, por supuesto en solitario. Quizás esta reacción sea una, a modo de lección, medida cautelar contra la excesiva represión sexual.

Los investigadores que llevaban a cabo el experimento produjeron emanaciones de muy distinta índole, incluso de gases repelentes y tóxicos, como el amoníaco, sin que se apreciara efecto alguno. La línea que trazaba el oscioscopio era absolutamente plana, sin alternancias en su trazado horizontal. Pero cuando se depositó ante la cabeza del insecto macho una ínfima cantidad del estimulante sexual que segrega la hembra de la mosca verde, el oscioscopio registró en el acto una violenta línea vertical. En una palabra, la mosca verde no podía oler otra cosa que el estimulante de la sexualidad, pero esa molécula la percibía fantásticamente bien.

En los insectos suele darse esta especialización olfatoria. Por ejemplo, la mariposa macho del gusano de seda puede detectar el estimulante sexual con sólo que sus livianas antenas capten unas cuarenta moléculas por segundo de sustancia estimulante. Una hembra de la especie necesita liberar tan sólo una centésima de micro-gramo de sustancia estimulante para atraer a todos los machos que se hallan a una milla cúbica de distancia. Así queda asegurada la propagación de la especie.

Quizá la muestra más palpable y curiosa de la importancia que reviste este fiar el hallazgo de la hembra al sentido olfativo con fines de propagación de la especie nos lo proporciona un escarabajo que vive en Sudáfrica, el cual, durante el invierno, se guarece en un hueco excavado en el suelo. Con la llegada de la primavera se caldea la tierra y emergen los insectos. Pero lo curioso es que los escarabajos machos asoman, aturdidos, unas semanas antes que las hembras. En esta misma región de Sudáfrica crece una especie de orquídea que desprende un aroma idéntico al de la sustancia sexual emanada por el escarabajo hembra. Lo cierto es que la evolución de la orquídea y del escarabajo ha coincidido en la producción de una molécula básicamente igual. Resulta, además, que el escarabajo macho es extremadamente «corto de vista», y los pétalos de las orquídeas presentan una configuración que el miope insecto confunde con una hembra de la especie en postura sexual-mente receptiva. Por espacio de varias semanas el insecto macho se despacha a gusto con las orquídeas, e imaginamos a las hembras abandonando su refugio invernal heridas en su amor propio y justamente indignadas. Entretanto, las orquídeas han sido fecundadas por polinización cruzada gracias a los enardecidos insectos machos, que, confundidos, hacen ahora cuanto pueden para asegurar la pervivencia de su especie. Con ello, uno y otro organismo logran su objetivo. (Digamos de pasada que no conviene a las orquídeas mostrarse demasiado irresistibles, ya que si los escarabajos no pudieran luego reproducirse entre sí aquéllas se verían en grave trance.) Acabamos de descubrir una de las limitaciones que presenta la estimulación puramente olfativa. Otra restricción radica en el hecho de que cada escarabajo hembra produce el mismo tipo de estimulante sexual, por lo que no es fácil que un individuo macho se prenda, por decirlo de algún modo, de la hembra de sus sueños. Si bien en ciertos casos el macho hace ostentación de su calidad de tal para atraer a la hembra o, como ocurre con el ciervo volante, se traba por la mandíbula en singular combate con otro individuo para ganarse los favores de la dama, parece

indudable que el papel determinante de la sustancia sexual en el apareamiento reduce la amplitud de la selección sexual entre los insectos. Los reptiles, pájaros y mamíferos han puesto en juego otros métodos para localizar a su par. Sin embargo, la relación de la función sexual con el sentido del olfato es todavía apreciable, en el marco de la anatomía cerebral, en los animales de orden superior, y en el plano anecdótico, en la experiencia del ser humano. A veces me pregunto si los desodorantes, sobre todo los desodorantes «femeninos», no constituyen un intento de encubrir los estímulos de orden sexual para que concentremos nuestra atención en otros menesteres.

## El neocórtex

Incluso en los peces las lesiones del cerebro anterior repercuten en las pulsiones de iniciativa y cautela hasta destruirlas. En los animales superiores, estas mismas pulsiones, aunque mucho más perfeccionadas, parecen localizadas en el neocórtex, región donde se ubican muchas de las funciones cognitivas que mejor definen al hombre como tal. Al hablar de esta porción de la corteza cerebral suelen distinguirse en ella cuatro regiones o lóbulos: frontal, parietal, temporal, y occipital. Los primeros neurofisiólogos sostenían que, básicamente, las conexiones del neocórtex no rebasaban el marco de este órgano; pero hoy sabemos que existen gran número de conexiones neurales con el cerebro subcortical. De todos modos, no está claro, ni mucho menos, que las subdivisiones neocorticales constituyan auténticas unidades funcionales. Ciertamente, cada una de ellas regula multiplicidad de funciones, muy distintas unas de otras, pero es probable que algunas sean ejercidas por más de un lóbulo a la vez. Según se desprende de los estudios realizados, los lóbulos frontales están relacionados con la reflexión y la regulación de la acción; los lóbulos parietales, con la percepción espacial y el intercambio de información entre el cerebro y el resto del cuerpo, los lóbulos temporales cumplen una variedad de complejas tareas perceptuales y los lóbulos occipitales guardan relación con la vista, el sentido dominante en el hombre y en otros primates. Por espacio de muchas décadas la mayoría de neurofisiólogos han pensado que los lóbulos frontales, o sea la parte anterior de la corteza, albergan el mecanismo que nos permite anticiparnos y planear el futuro, facultades características del ser humano. Sin embargo, las últimas investigaciones llevadas a cabo demuestran que el panorama no es tan sencillo. El neurofisiólogo norteamericano Hans-Lukas Teuber, del Instituto Tecnológico de Massachusetts, ha investigado un gran número de casos de lesiones frontales, debidas sobre todo a heridas de guerra o por arma de fuego. Teuber descubrió que muchas lesiones del lóbulo frontal apenas tienen incidencia perceptible en la conducta del individuo afectado. De todas formas, en casos de lesiones muy graves del lóbulo frontal, aun cuando «el paciente no llega a perder del todo la facultad de anticiparse a los hechos futuros, no acierta a imaginarse a sí mismo como agente potencial en relación con ellos». Teuber subrayó que el lóbulo frontal pudiera estar relacionado tanto con la anticipación motora como con la cognoscitiva, sobre todo a la hora de evaluar las posibles consecuencias de los movimientos voluntarios. Por otra parte, parece que el lóbulo frontal interviene también en el nexo entre visión y postura erecta y bípeda.

Así pues, los lóbulos frontales pueden intervenir en las funciones genuinas del ser humano de dos maneras distintas. Si regulan el sentido de anticipación del futuro, deben ser el emplazamiento obligado de los sentimientos de inquietud, los centros del ansia y la desazón. Esta es la razón de que el corte transversal del lóbulo frontal reduzca la ansiedad. Por otro lado, la lobotomía prefrontal puede mermar en gran manera la capacidad del hombre para comportarse como tal. El precio que pagamos por la previsión del futuro es la desazón que ello engendra. Sin duda, el augurio de una calamidad no resulta muy divertido. Poliana, con su optimismo desbordante, era mucho más dichosa que Casandra. Pero necesitamos de los componentes fatalistas de nuestra naturaleza para sobrevivir. Ellos fueron los artífices de una serie de doctrinas que aspiran en lo posible a interpretar el futuro y que han sido causa y origen de la ética, la magia, la ciencia y los códigos legales. La ventaja que procura el pronóstico de las catástrofes radica en la posibilidad de adoptar medidas para impedir que se produzcan, sacrificando las ganancias inmediatas en favor de unos beneficios a más largo plazo. Una sociedad que, como resultado de esta capacidad de anticipación, alcanza un alto nivel de seguridad material, genera el tiempo libre necesario para impulsar el progreso social y tecnológico.

Corte lateral esquematizado del cerebro humano, en el que destaca el neocórtex, con un sistema límbico y un cerebro posterior más pequeños. No se aprecia el complejo-R.

Otra función que se supone corresponde al lóbulo frontal es la que permite adoptar la postura bípeda al hombre. Esta conformación vertical, erecta, del cuerpo no habría sido posible sin el previo desarrollo de los lóbulos frontales. Más adelante veremos con mayor detalle cómo el hecho de asentarnos sobre dos pies liberó nuestras manos y nos permitió manipular con ellas, lo que posteriormente abocaría en un notable acrecentamiento de los rasgos culturales y fisiológicos del hombre. Cabe decir, sin exagerar un ápice, que la civilización tal vez sea producto de la actividad de los lóbulos frontales.

La información visual llega al cerebro por conducto del ojo y se concentra primordialmente en el lóbulo occipital, a la altura de la coronilla, mientras que las impresiones auditivas quedan localizadas en la capa superior del lóbulo temporal, bajo la sien. Existen indicios de que los diversos componentes del neocórtex están bastante menos evolucionados en los sujetos ciegos y sordomudos. Las lesiones del lóbulo occipital —como las que, por ejemplo, produce una herida por arma de fuego— comportan con frecuencia una merma del campo visual. La víctima puede ser perfectamente normal en

los demás aspectos, pero tendrá una visión periférica de los objetos, es decir, verá, frente a él, en el centro del campo visual normal, una densa mancha oscura. En otros casos se originan percepciones aún más extrañas, como las manchas movedizas de contornos geoméricamente regulares que obstaculizan el campo y los «paroxismos visuales» en los que, a título de ejemplo, el paciente percibe momentáneamente los objetos que están a su derecha y en el suelo como flotando en el aire y a su izquierda, habiendo descrito un giro espacial de 180 grados. Incluso es posible determinar la parte del lóbulo occipital que regula determinada función visual mediante la estimulación sistemática de los obstáculos que interfieren el campo visual en base a diversas lesiones occipitales. El menoscabo de la visión tiene muchas menos posibilidades de convertirse en crónico tratándose de pacientes jóvenes, pues sus cerebros poseen la facultad de regenerarse por sí solos o de transferir funciones sin dificultad a otras regiones circundantes. La facultad de conectar los estímulos auditivos con los visuales también se localiza en el lóbulo temporal. Las lesiones de esta región cerebral pueden manifestarse en forma de afasia que incapacita al sujeto afectado para captar la palabra hablada. Resulta notable y significativo que ciertos pacientes aquejados de lesiones cerebrales puedan expresarse oralmente sin dificultad pero sean incapaces de plasmar sus ideas por escrito, o a la inversa. Unas veces pueden escribir pero no leer y otras descifrar los números pero no las letras, o bien nombrar los objetos pero no los colores. En el neocórtex se da una marcada separación de funciones, lo que invalida el tópico de que leer y escribir, identificar palabras o números, son actividades muy afines. Se habla también —aunque no ha podido confirmarse— de lesiones cerebrales que impiden al sujeto comprender las frases en voz pasiva, las oraciones prepositivas, o las construcciones con posesivos. (Tal vez un día descubramos qué punto del cerebro regula el empleo del subjuntivo. ¿Resul tará entonces que los latinos están sobremanera dotados y los anglosajones considerablemente mermados en lo que toca a esta pequeñísima porción de la anatomía cerebral?) Según parece, determinadas abstracciones, como, por ejemplo, las «partes gramaticales de la oración» se hallan «impresas» en regiones específicas del cerebro, hipótesis realmente asombrosa.

En un caso clínico sorprendente, una lesión del lóbulo temporal impedía al paciente reconocer las caras de la gente, incluso de las personas más allegadas. Al serle mostrado el rostro de un individuo en la página opuesta a la que estaba examinando, dijo que «posiblemente» se trataba de una manzana. Incitado a que justificase esta interpretación, identificó la boca como una incisión en el fruto, la nariz como el rabillo doblado sobre la superficie y los ojos como dos agujeros o picaduras de gusano. El mismo paciente, podía, en cambio, identificar sin dificultad esbozos de casas y otros objetos inanimados. Un amplio capítulo de experimentos muestra que las lesiones del lóbulo temporal derecho producen amnesia en cuanto a ciertas manifestaciones de índole no verbal, en tanto que las lesiones del lóbulo temporal izquierdo originan una característica pérdida de memoria del lenguaje hablado.

Nuestra capacidad para leer y levantar mapas, para orientarnos en el espacio tridimensional y valem os de los símbolos pertinentes —facultades que a buen seguro intervienen, si no en su uso, en la elaboración del lenguaje—, queda seriamente afectada por las lesiones del lóbulo parietal, ubicado cerca de la coronilla, detrás y por encima de la cisura central. Un soldado que sufrió un profundo desgarr o del lóbulo parietal a causa de una herida de guerra estuvo todo un año sin poder orientar los pies para calzarse las zapatillas y menos todavía encontrar el camino hacia la cama en la sala del hospital. Sin embargo, terminó por recuperarse casi totalmente.

Una lesión de la circunvolución angular del neocórtex, en el lóbulo parietal, engendra alexia, o sea, incapacidad para descifrar la escritura. A lo que parece, el lóbulo parietal interviene en todo lo relacionado con el lenguaje simbólico del hombre. De todas las lesiones cerebrales, las del lóbulo parietal son las que provocan mayor deterioro intelectual si nos atenemos a las actividades de la vida cotidiana.

Rostro descrito por un paciente como una manzana. (O, desde otro ángulo: manzana descrita por un médico como una cara.) Según Teuber.

Entre las manifestaciones del pensamiento abstracto radicadas en el neocórtex del hombre destacan los lenguajes simbólicos, en especial la lectura, la escritura y la matemática, que parecen requerir la cooperación conjunta de los lóbulos temporal, parietal y frontal, y hasta quizá del occipital. Sin embargo, no todos los lenguajes simbólicos se localizan en las regiones neocorticales. Las abejas, en las que no existe la menor traza de neocórtex, poseen un

complicado lenguaje inspirado en movimientos al modo de una danza. Karl von Frisen, entomólogo austríaco, descubrió que con sus evoluciones las abejas se comunicaban datos acerca de la distancia y dirección de la fuente de alimentos. Se trata de un lenguaje gestual que reproduce, exagerándolos, los movimientos reales de la abeja cuando va en busca de alimento. Es como si nosotros nos encaminásemos hacia el refrigerador y deteniéndonos en seco nos restregásemos el vientre y dejáramos colgar la lengua. Pero los vocabularios de tales lenguajes son en extremo reducidos; a lo sumo de unas docenas de palabras. El aprendizaje que experimentan los adolescentes durante el largo periodo de la niñez parece ser una función casi exclusiva de neocórtex.

Si bien casi todo el proceso olfativo radica en el sistema límbico, una pequeña parte del mismo se produce en el neocórtex. La misma división de funciones parece ser aplicable a la memoria. Como ya he dicho, además de la corteza olfativa, una de las partes primordiales del sistema límbico es la corteza del hipocampo. Si se extirpa la corteza olfativa, los animales todavía pueden percibir los olores, aunque con mucha menos intensidad, lo que viene a demostrar una vez más que en el cerebro se da una redundancia de funciones. Existen indicios de que, en el hombre actual, la memoria olfativa «efímera» reside en el hipocampo. Puede que, originariamente, la función del mismo fuera tan sólo la retención momentánea de los olores, lo que sería de utilidad, por ejemplo, para seguir el rastro de una presa o para localizar a un individuo del sexo opuesto. Pero, en el hombre, una lesión bilateral del hipocampo constituye, como en el caso de H. M., un serio menoscabo de todo tipo de memoria «efímera». Los pacientes que sufren este tipo de lesiones olvidan sus experiencias, sin exagerar un ápice, a los pocos segundos. Es evidente que tanto el hipocampo como los lóbulos frontales tienen incidencia en la memoria efímera del ser humano.

Una de las muchas e interesantes consecuencias que se derivan de este hecho es que tanto la memoria efímera como la duradera se localizan mayormente en distintas porciones del cerebro. Parece que los reflejos condicionados — como los clásicos de los perros de Pavlov, que segregaban saliva al toque de una campana— se hallan localizados en el sistema límbico. Se trata ciertamente de una memoria duradera, pero de un género muy restringido. La auténtica y compleja retentiva propia del ser humano se halla emplazada en el neocórtex, lo que se corresponde con la aptitud del hombre para planear y anticiparse al futuro. Conforme vamos envejeciendo solemos olvidar cosas que a veces acabamos de oír, en tanto somos capaces de recordar con claridad y exactitud sucesos de nuestra infancia. En tales casos poco tienen que ver la memoria efímera o la memoria duradera. La dificultad reside en el acarreo de nuevo material a la memoria duradera. Penfield estimaba que esta merma de posibilidades era producto de la falta de irrigación del hipocampo en la edad senil, bien a causa de una arteriosclerosis bien por otros impedimentos fisiológicos. Así pues, las personas ancianas —y otras que no lo son tanto— pueden tener serias dificultades para acumular datos en la memoria efímera sin que por ello se resienta ni su vitalidad ni su inteligencia.

Existe un cúmulo de pruebas de tipo médico acerca de la conexión entre la irrigación sanguínea y las facultades intelectuales. Se sabe desde hace tiempo que los pacientes privados de oxígeno por espacio de unos minutos pueden experimentar graves menoscabos mentales con carácter permanente. Las intervenciones quirúrgicas para limpiar las arterias carótidas obstruidas e impedir así el ataque apoplético han traído aparejadas consecuencias beneficiosas no previstas. Según datos recogidos en un estudio sobre el tema, a las seis semanas de operados, los pacientes mostraban un incremento medio del coeficiente intelectual de dieciocho puntos, lo que constituye una mejora sustancial. Asimismo, se discute si la inmersión en oxígeno hiperbárico —o sea, oxígeno a muy alta presión— aumenta el grado de inteligencia en los niños de corta edad.

Este fenómeno muestra también la neta distinción entre memoria efímera y retentiva duradera, congruente con su localización en distintas partes del cerebro. Las camareras de los restaurantes de cocina rápida son capaces de recordar un impresionante número de datos, que luego transmiten correctamente a la cocina. Sin embargo, al cabo de una hora han olvidado todos los detalles ya que tal información se había almacenado únicamente en el área de la memoria efímera sin que mediara esfuerzo alguno para transferirla a la memoria duradera.

La mecánica de rememoración puede llegar a ser muy compleja. Muchas veces tratamos de evocar una palabra, un nombre, una cara, una experiencia del pasado sin conseguirlo, por más que nos esforzamos; la memoria se niega a suministrarnos el dato solicitado. Pero si acudimos a la evocación indirecta, rememorando algún detalle afín o marginal al objeto central de nuestra búsqueda, a menudo surge espontáneo el detalle que en vano tratábamos de recordar. (Algo parecido ocurre con el ojo humano.) Cuando miramos directamente a un objeto de luz tenue —una estrella, por ejemplo— entra en juego la fovea, es decir la parte de la retina donde la agudeza visual alcanza su máximo y en donde hay más abundancia de las células llamadas conos. Pero si apartamos levemente los ojos del objeto, o, por decirlo de otro modo, lo contemplamos de soslayo o con el rabillo del ojo, provocamos la intervención de los llamados bastoncillos, unas células sensibles a la débil luminosidad y, en consecuencia, capaces de percibir la estrella de luz tenue.

Sería interesante averiguar por qué el pensamiento indirecto activa el mecanismo de recordación. Puede que se deba a la simple conexión con el cauce recordatorio a través de otra senda neural. Pero ello no indica la existencia de una dinámica cerebral más efectiva.

Todos estamos familiarizados con la experiencia del brusco despertar de un sueño poblado de imágenes vividas, escalofrantes, premonitorias o destacables por otros conceptos, mientras nos decimos: «Ciertamente recordaré *este* sueño por la mañana»; y al día siguiente despertamos sin la menor idea del contenido del sueño o, a lo sumo, con leves

trazos del tono emocional. Por otra parte, si el sueño me inquieta lo suficiente como para despertar a mi mujer en mitad de la noche y contárselo, por la mañana no tengo dificultad alguna en recordarlo. Asimismo, si me tomo la molestia de anotar lo que acabo de soñar, al día siguiente me acuerdo perfectamente de todos los detalles sin necesidad de consultar las notas. Otro tanto cabe decir, por ejemplo, cuando se trata de memorizar un número de teléfono. Si me dan un número y quiero grabarlo en la mente, lo más probable es que acabe olvidándolo o equivocando alguna cifra; pero si repito el número en voz alta o lo escribo en un papel, puedo recordarlo perfectamente. Ello significa sin duda que hay en nuestro cerebro una zona que retiene el sonido y la imagen, pero no el pensamiento puro. Me pregunto si este tipo de memoria se configuró antes de que nuestra mente albergara demasiados pensamientos, cuando era más importante recordar el silbo de un reptil amenazante o la sombra de un halcón lanzándose en picado sobre su presa que nuestras ocasionales reflexiones filosóficas.

### Acerca de la naturaleza humana

A pesar de la misteriosa localización de funciones en el modelo de cerebro «trino», quiero señalar una vez más que no cabe hablar de una estricta separación de funciones so pena de simplificar en exceso la cuestión. Es indiscutible que en el hombre tanto el comportamiento ritual como el de carácter emotivo están fuertemente influenciados por el razonamiento abstracto de origen neocortical. Se han expuesto demostraciones analíticas acerca de la validez de convicciones puramente religiosas y se han aducido argumentos filosóficos para justificar el comportamiento jerarquizado, como puede ser la «demostración» de Thomas Hobbes sobre el hipotético derecho divino que asiste a los monarcas. De la misma manera, animales que nada tienen que ver con el hombre —y hasta algunos que ni siquiera pertenecen al orden de los primates— parecen estar en posesión de cierta capacidad de análisis. Esta es la impresión que decididamente me producen los delfines, como ya expuse en mi libro *La conexión cósmica*.

Sin embargo, a la vez que conviene retener estas puntualizaciones, creemos que es útil una primera aproximación que considere que los aspectos rituales y jerárquicos de nuestras vidas están muy influenciados por el complejo R y que ambos son también patrimonio de nuestros antepasados reptiloides; que los rasgos altruistas, emocionales y religiosos de nuestras vidas se hallan localizados en buena medida en el sistema límbico, y que los compartimos con nuestros ascendientes mamíferos no pertenecientes al orden de los primates, y hasta es posible que con las aves; y que el intelecto o la razón es una función del neocórtex que en cierto grado compartimos con los primates superiores y con cetáceos como los delfines y las ballenas. Si bien la conducta ritual, las emociones y la función discursiva son todos ellos aspectos muy significativos de la naturaleza humana, cabe afirmar que el rasgo más específico del hombre es su capacidad de raciocinio y formulación de abstracciones. La curiosidad y el afán de resolver dilemas constituyen el sello distintivo de nuestra especie. Por otra parte, las actividades que mejor identifican al hombre como ser pensante son las matemáticas, la ciencia, la técnica, la música y las artes, una gama de temas algo más amplia de lo que normalmente se incluye bajo el epígrafe de las «humanidades». Ciertamente, tomado en su acepción más corriente, este término refleja una singular estrechez de miras acerca de lo genuinamente humano. La matemática entra en el capítulo de las humanidades con el mismo derecho que la poesía. Por lo demás, las ballenas y los elefantes pueden ser tan «humanos» como el hombre.

*Mosaico II*, obra de M. C. Escher.

El modelo de cerebro trino deriva de los estudios realizados sobre el comportamiento y la neuroanatomía comparados. Sin embargo, la especie humana no desconoce el análisis introspectivo veraz y genuino, y si el modelo de cerebro trino es exacto cabe esperar que hallemos algún indicio de su existencia en la historia del empeño humano por conocerse a sí mismo. La hipótesis más conocida y que recuerda hasta cierto punto la del cerebro trino es la división que establece Sigmund Freud del psiquismo humano al clasificarlo en las categorías del *ello*, el *ego* y el *superego*. Los aspectos relacionados con la agresividad y la sexualidad que hallamos en el complejo R corresponden satisfactoriamente a la descripción que Freud nos ofrece del *ello* (por ejemplo, la condición animal de nuestra naturaleza). Pero por lo que a mí se me alcanza, en su definición del *ello* Freud no da excesiva preponderancia a los aspectos rituales o sociojerárquicos del complejo R. El psicólogo vienes habla de las emociones —en particular la «experiencia oceánica», que viene a ser el equivalente freudiano de la epifanía religiosa como una función del *ego*. Sin embargo, no presenta al *superego* como el emplazamiento básico del razonamiento abstracto, sino más bien como elemento de absorción de las constricciones sociales y familiares, que en el caso del cerebro trino sospechamos constituyen ante todo una función del complejo R. Por todo ello me veo obligado a considerar que la mente tripartita que propone el psicoanálisis presenta escasas concomitancias con el modelo del cerebro trino.

Tal vez una metáfora más válida sea la división de la mente que efectúa Freud al hablar de lo consciente, lo preconsciente, es decir, de lo que permanece latente pero que es aprehensible, y del inconsciente, o sea, todo lo que por estar reprimido escapa a un primer análisis. Cuando Freud dijo, refiriéndose al hombre, que «su capacidad para contraer neurosis es simplemente el anverso de su capacidad para progresar en el orden cultural», el científico estaba pensando en la tensión que existe entre los diversos componentes de la psique. Freud llamó a las funciones del inconsciente «procesos primarios».

La alegoría de la psique contenida en *Fedro*, el diálogo platónico, encierra una concordancia de orden superior. Sócrates compa ra el alma humana a un carro tirado por dos caballos, uno blanco y otro negro, que empujan en distintas direcciones y a los que el auriga apenas acierta a dominar. La metáfora del carro y del auriga se asemeja notablemente a

la noción de armazón neural que propone MacLean. Los dos caballos representan el complejo R y la corteza límbica, mientras que el auriga que apenas puede controlar las sacudidas del carro y el galope de los caballos equivale al neocórtex. Freud, utilizando otra metáfora, habla del *ego* como de un jinete que monta un potro desbocado. Tanto la alegoría freudiana como la platónica ponen de relieve la considerable independencia y la tensión existente entre las partes constitutivas de la psique, rasgo que caracteriza al ser humano como tal y del que nos ocuparemos más adelante. Debido a las conexiones neuroanatómicas entre los tres componentes, el cerebro trino, al igual que el carro de *Fedro*, también podría ser tomado como una metáfora. En todo caso, es muy probable que resulte ser una metáfora de considerable hondura y utilidad.

## El Edén como metáfora. La evolución del hombre

Entonces no te sentirás perdido al tener que abandonar este paraíso, sino que poseerás un paraíso dentro de ti, mucho más dichoso ... Cogidos de la mano, lentamente y con paso vacilante, salieron del Edén y emprendieron su solitario camino.

JOHN MILTON, *El Paraíso perdido*

¿Por qué abandonaste las sendas holladas por el hombre y prematuramente, con escasas fuerzas pero con ánimo valeroso, osaste enfrentarte al dragón indómito en su guarida? Indefenso como estabas, ¡ay!, ¿dónde se ocultaba la sensatez, ese escudo espejado ...?

PERCY B. SHELLEY, *Adonais*

**H**abida cuenta su superficie externa, los insectos son muy livianos de peso. Una abeja lanzada desde gran altura alcanza en seguida su velocidad punta. La resistencia del aire impide que se precipite con excesiva violencia, y de allí que después de caer al suelo observemos que se aleja por sus propios medios sin mayores contratiempos. Otro tanto puede decirse de los pequeños mamíferos, como por ejemplo las ardillas. Un ratón puede ser arrojado a un pozo de mina de unos trescientos metros de profundidad y si el terreno es blando llegará al fondo aturdido pero esencialmente indemne. Por el contrario, el ser humano puede quedar tullido o perder la vida si se precipita de una altura que exceda los cuatro metros; dada nuestra talla, pesamos demasiado en proporción a la superficie externa de nuestro cuerpo. Por consiguiente, nuestros antepasados arborícolas tenían que proceder con mucha cautela ya que cualquier error al columpiarse de rama en rama podía resultarles fatal. Cada salto constituía una oportunidad de cara a la evolución de la especie. Poderosas fuerzas selectivas entraban en juego para engendrar organismos gráciles y ligeros, dotados de visión binocular, múltiples aptitudes manipulativas, magnífica coordinación entre el órgano de la vista y las manos y una captación intuitiva de la gravitación newtoniana. Cada una de estas facultades requirió sustanciales progresos en la evolución del cerebro y, muy en especial, de las neocortezas de nuestros antepasados. El intelecto humano lo debe esencialmente todo a los millones de años que nuestros antecesores pasaron en solitario colgados de los árboles.

Cabe preguntarse si una vez de regreso al llano y la sabana, lejos de los árboles, echamos de menos los majestuosos y formidables saltos y el éxtasis de la ingravidez bajo los rayos solares que se filtraban por la techumbre arbórea. ¿Tiene el reflejo de temor en el niño de hoy la misión de impedir que caiga de la copa de un árbol? ¿Hay en nuestras ensoñaciones nocturnas de extraños vuelos y en el afán de surcar los cielos que siente el hombre, como nos muestran los casos de Leonardo da Vinci o de Konstantin Tsiol-kovskii, reminiscencias nostálgicas de los días transcurridos en las ramas de los corpulentos árboles de la selva?

Las modernas técnicas empleadas en la fabricación de cohetes y en la exploración espacial deben muchísimo al doctor Robert H. Goddard, quien a lo largo de muchas décadas de abnegada investigación en solitario impulsó decisivamente todos los aspectos básicos de la tecnología de los proyectiles. Goddard se interesó por este campo en un instante de mágica inspiración. En el otoño de 1899, hallándose en Nueva Inglaterra, Goddard, que contaba diecisiete años y era estudiante de último curso de enseñanza media, se subió a un cerezo y mientras paseaba distraídamente la mirada por el suelo tuvo la etérea visión de un vehículo que transportaba seres humanos al planeta Marte; desde aquel momento decidió dedicar su esfuerzo a esa tarea. Exactamente un año después volvió a trepar al árbol, y en adelante, hasta el resto de sus días, hizo del 19 de octubre una fecha conmemorativa de aquel momento de inspiración. ¿Es realmente un azar que esta visión de los viajes espaciales, que se hizo luego realidad histórica por propia dinámica, tuviera por marco las ramas de un árbol?

Las manos de los animales están adaptadas a su forma de vida, y a la inversa. En la figura se muestran los apéndices de A) el opósum; B) la tupaya; C) el potto (primate de África occidental); D) el *tarsius* (tarsero); E) el babuino (la parte del apéndice que sirve a la vez de mano y de pie); F) el orangután, adaptado a la función braquial; G) el hombre, dotado de un pulgar oponible y relativamente largo.

Otros mamíferos, incluso algunos no pertenecientes ni al orden de los primates ni al de los cetáceos, poseen neocortezas cerebrales. Interesa, sin embargo, preguntarse cuándo se produjo la primera gran mutación del neocórtex. Aunque ninguno de los simios de los que descendemos está presente entre nosotros para aclararnos este punto, podemos responder a la cuestión, o por lo menos intentarlo, recurriendo al examen de los cráneos fósiles. En el hombre, en los antropoides y en los monos, así como en otros mamíferos, el cerebro ocupa casi por completo la cavidad craneal, lo cual no ocurre, por ejemplo, en los peces. En consecuencia, si sacamos el molde de un cráneo, podemos determinar lo que se conoce como el volumen endocraneal de nuestros antepasados directos y colaterales al tiempo que efectuar estimaciones aproximadas del volumen de sus cerebros.

A estas alturas los paleontólogos todavía no se han puesto de acuerdo sobre quiénes son los verdaderos antecesores del hombre, y apenas transcurre un año sin que aparezca el fósil de un cráneo asombrosamente parecido al del hombre actual mucho más antiguo de lo que hasta ahora se creía posible. Lo que sí parece cierto es que hará unos cinco

millones de años abundaban los animales de apariencia antropeide, como los gráciles australopitecos, que caminaban sobre dos patas y cuyo volumen cerebral era de unos 500 centímetros cúbicos, es decir, unos cien centímetros cúbicos más que el cerebro de un chimpancé de nuestros días. Sobre la base de estos indicios, los paleontólogos han llegado a la conclusión de que «el bipedismo precedió a la encefalización», con lo que se quiere significar que nuestros antecesores caminaron sobre dos patas antes de contar con un cerebro de buen tamaño.

Hace tres millones de años existía gran variedad de criaturas bípedas con una amplia gama de volúmenes craneales, algunos muchísimo mayores que el del australopiteco grácil del África oriental que viviera unos pocos millones de años antes. Uno de ellos, al que L. S. B. Leakey —el conocido antropólogo anglokeniata que tanto ha estudiado al hombre primitivo— denominó *Homo habilis*, poseía un volumen cerebral de unos 700 centímetros cúbicos. La arqueología nos proporciona también indicios de que el *Homo habilis* fabricaba herramientas. El primero que avanzó la idea de que el empleo de herramientas constituye a la vez causa y efecto del caminar sobre dos piernas, con la consiguiente liberación de las manos, fue Charles Darwin. El hecho de que cambios de conducta tan significativos vayan acompañados por otros igualmente significativos en el volumen cerebral no demuestra que lo uno sea la causa de lo otro. Sin embargo, nuestro comentario anterior hace que este vínculo causal aparezca como muy probable.

Una familia de australopitecos gráciles hace cinco millones de años.

El cuadro de la página 93 resume el tema de los restos fósiles, tal como lo conocíamos en 1976, acerca de nuestros más recientes antepasados y parientes colaterales. Las dos clases distintas de australopitecos halladas hasta ahora no pertenecían al género *Homo*; no eran hombres, sino bípedos todavía incompletos cuya masa cerebral equivalía tan sólo a una tercera parte de la que ostenta hoy por término medio el hombre adulto. Suponiendo que nos encontráramos con un australopiteco, digamos en el metro, tal vez lo que más nos llamaría la atención sería la casi ausencia total de frente. Era el menos evolucionado de los antropoides. Existen marcadas diferencias entre las dos clases de australopitecos. La especie robusta era de más envergadura y mayor peso, con una dentadura más poderosa y una notable estabilidad evolutiva. El volumen endocraneal de un *A. robustus* varía muy poco de un espécimen al otro a lo largo de millones de años. Volviendo de nuevo a los australopitecos gráciles y basándonos una vez más en su dentadura podemos presumir que comían carne y también vegetales. Eran de menor envergadura que el hombre y más flexibles, como su nombre indica. Sin embargo, son considerablemente más viejos y presentan mucha más variación en cuanto al volumen endocraneal que sus robustos primos. Y, lo que es más importante, la ubicación de los restos del australopiteco grácil se halla asociada al hallazgo de lo que reviste todo el carácter de un oficio: la fabricación de útiles de piedra y de huesos, cuernos y dientes de animales tallados meticulosamente, partidos, frotados y pulimentados para conseguir herramientas de corte y bruñido o de útiles para triturar y machacar. En cambio no se han encontrado herramientas asociadas a los restos fósiles del *A. robustus*. La proporción entre el peso del cerebro y la masa del cuerpo en la especie grácil es de casi el doble que en la especie robusta, por lo que resulta lógico preguntarse si este factor es el que marca la diferencia entre la aptitud para construir herramientas o la incapacidad para ello. Aproximadamente por la época en que surge el *A. robustus* apareció un nuevo animal, el *H. habilis*, al que cabe considerar como el primer hombre genuino. Tanto en el aspecto corporal como en lo relativo al peso del cerebro, era más desarrollado que los dos tipos de australopitecos, y la proporción entre su masa cerebral y peso del cuerpo era aproximadamente la misma que la detectada entre los australopitecos gráciles. Apareció en una época en que por razones climáticas la tierra se iba deforestando. El *H. habilis* habitaba en las vastas sabanas africanas, un medio sobremanera estimulante poblado por una enorme variedad de depredadores y presas. En estas llanuras de matorral aparecieron tanto el primer hombre con los rasgos actuales como el primer caballo según hoy lo conocemos. Fueron, por así decirlo, casi coetáneos.

En los últimos sesenta millones de años se ha producido una incesante evolución de los ungulados, como registran perfectamente los restos fósiles, proceso que culminó en el caballo actual. El *Eohipos* o «caballo de la aurora» de hace cincuenta millones de años era poco más o menos del tamaño de un perro pastor escocés, con un volumen cerebral de unos veinticinco centímetros cúbicos y una proporción entre masa cerebral y peso corporal de aproximadamente la mitad de la de un mamífero contemporáneo de tamaño equivalente. Desde entonces los caballos han experimentado una fantástica transformación tanto en el tamaño absoluto como relativo del cerebro, incorporando notables innovaciones en el neocórtex y muy en especial en los lóbulos frontales, evolución acompañada ciertamente por notables incrementos en el grado de inteligencia equina. Me pregunto si el progreso paralelo de la inteligencia en el caballo y en el hombre tiene una causa común. ¿Necesitaban los caballos, por ejemplo, tener ligereza de cascos, sentidos muy finos e inteligencia despierta para escapar de los depredadores que acechaban tanto a los primates como a los equinos?

El *H. habilis* tenía una frente amplia, lo que sugiere un notable desarrollo de las zonas neocorticales de los lóbulos frontal y temporal así como de las regiones cerebrales, aspecto del que trataremos más adelante. Dicho desarrollo parece guardar relación con la facultad del habla. En el supuesto de que llegáramos a tropezarnos con un *H. habilis* vestido a la última moda en el bulevar de una metrópoli moderna, posiblemente nos limitaríamos a echarle un rápido vistazo, y ello quizá sólo en razón de su corta estatura. En conexión con el *H. habilis* se han encontrado una gran variedad de herramientas muy perfeccionadas. Además, tomando como base algunas disposiciones circulares de piedras existen motivos para suponer que el *H. habilis* construía sus propios habitáculos, y que mucho antes de las épocas glaciares del pleistoceno, o, mucho antes de que los hombres vivieran habitualmente en las cavernas, el *H. habilis* ya construía viviendas al descampado, probablemente de madera, junco, hierba y piedra.



La sabana de África oriental cerca del paso de Olduvai hace unos millones de años. A la derecha del dibujo, en primer plano, se distinguen tres homínidos, tal vez australopitecus o especímenes de *Homo habilis*. El volcán en activo que se divisa al fondo corresponde al actual monte Ngorongoro.

Dado que el *H. habilis* y el *A. robustus* hicieron su aparición casi al mismo tiempo, es muy improbable que el uno fuera antepasado del otro. Los australopitecus gráciles coexistían con el *H. habilis*, pero la especie de los primeros se había originado mucho tiempo antes. Por lo tanto, es posible, aunque en modo alguno quepa afirmarlo con seguridad, que tanto el *H. habilis*, con un futuro evolucionista prometedor, como el *A. robustus*, un ser llegado al límite de su evolución, surgieran del grácil *A. africanus*, que sobrevivió el tiempo suficiente como para ser contemporáneo de ambos.

El primer hombre cuyo volumen endocraneal coincide con el del hombre actual es el llamado *Homo erectus*. Desde hacía muchos años los principales especímenes de *H. erectus* se hallaban ubicados en China y se estimaba que tenían cerca de medio millón de años. Sin embargo, en 1976, Richard Leakey, director de los Museos Nacionales de Kenya, dio cuenta del hallazgo de un cráneo casi completo de *H. erectus* en unos estratos geológicos con un millón y medio de años de antigüedad. Habida cuenta de que los especímenes de *H. erectus* hallados en China están claramente asociados a residuos de fogatas, es posible que nuestros antepasados conociesen el uso del fuego desde hacía mucho más de un millón y medio de años, lo que desplaza la figura de Prometeo a tiempos mucho más pretéritos de cuanto se pensaba.

Quizá el aspecto más notable de los hallazgos arqueológicos de útiles y herramientas es que aparecen desde el principio en gran cantidad. Uno tiene la impresión de que un inspirado *A. grácil* descubrió el uso de las herramientas e inmediatamente empezó a enseñar la técnica de su construcción a parientes y amigos. No hay modo de explicar la intermitente aparición de útiles de piedra, salvo en el caso de que los australopitecus contaran con instituciones educativas. Forzosamente tuvo que existir una especie de comunidad o hermandad de artesanos de la piedra que transmitiera a las sucesivas generaciones sus preciosos conocimientos sobre fabricación y el uso de las herramientas, conocimientos que en última instancia llevarían a los débiles y casi indefensos primates al dominio del planeta Tierra. Lo que no es posible determinar es si el género *Homo* inventó por su cuenta las herramientas o aprovechó alguna técnica de construcción concebida por el género *Australopithecus*.

Consultando el cuadro antedicho observamos que la proporción entre cerebro y masa corpórea es aproximadamente la misma para los *A. gráciles*, el *H. habilis*, el *H. erectus* y el hombre actual. En consecuencia, no es posible explicar los progresos realizados en los últimos millones de años atendiendo a la mera proporción entre masa cerebral y masa corpórea, sino más bien tomando en cuenta el incremento total de la masa cerebral, la especialización perfeccionada de nuevas funciones, un aumento en la complejidad de la estructura cerebral y, muy especialmente, el aprendizaje extrasomático.

L. S. B. Leakey puso de relieve que la crónica fósil de hace unos pocos millones de años refleja la existencia de una gran variedad de especies antropomorfas, muchas de las cuales aparecen con agujeros o fracturas en el cráneo. Es posible que algunas de estas heridas fuesen infligidas por leopardos o hienas, pero Leakey y el anatomista sudafricano Raymond Dart estaban convencidos de que muchas de ellas fueron causadas por nuestros antecesores. Es casi seguro que durante el plioceno y el pleistoceno existió una intensa rivalidad entre muchas formas antropoides, de las que sólo sobrevivió un tronco: el de los que dominaban el uso de los útiles y herramientas, el tronco que desemboca en el hombre actual. Queda sin resolver la cuestión del papel que desempeñaron las matanzas en el cuadro de estas rivalidades. Los australopitecus gráciles caminaban erectos, eran ágiles, veloces y medían alrededor de un metro de altura, es decir, eran individuos de «estatura enana». A veces me pregunto si las leyendas en torno a gnomos, gigantes y enanos no serán una remembranza genética o cultural de esos remotos tiempos.

A la vez que el volumen craneal de los homínidos sufría este incremento espectacular, sobrevino otra transformación asombrosa de la anatomía humana. Tal y como ha observado el anatomista británico sir Wilfred Le Gros Clark, de la Universidad de Oxford, se produjo una remodelación total de la pelvis. Con toda probabilidad se trató de una adaptación para facilitar el parto de la generación de individuos dotados de una consistente masa cerebral. Si en la actualidad se produjera otro agrandamiento sustancial de la banda pélvica en la región del conducto natal, las mujeres verían muy dificultada la tarea de caminar. (Al nacer, las niñas poseen una pelvis y una abertura ósea mucho más grande que la de los niños; al llegar a la pubertad, la pelvis de la adolescente vuelve a sufrir un notable agrandamiento.) La aparición paralela de estas dos efemérides evolucionistas ilustra fehacientemente cómo opera la selección natural. Las madres que habían heredado pelvis dilatadas pudieron engendrar criaturas dotadas de cerebros grandes que una vez llegadas al estado adulto y a causa de su intelecto superior competían ventajosamente con la descendencia, menos dotada cerebralmente, alumbrada por madres con una abertura pélvica más reducida. En los tiempos pleistocénicos el individuo que poseía un hacha de piedra era quien tenía más probabilidades de salir victorioso en una disputa. Y lo que es más importante, era mejor cazador. Pero la invención y la construcción ininterrumpida de hachas de piedra exigía mayores volúmenes cerebrales.

Que yo sepa, el alumbramiento es normalmente doloroso en una sola de los millones de especies animales que pueblan la tierra: la del ser humano. Posiblemente ello sea consecuencia del reciente e incesante incremento de la capacidad craneal. El cráneo de los hombres y mujeres de nuestros días posee doble capacidad que el cráneo del *H.*

*habilis*. El alumbramiento es doloroso porque la evolución del cráneo humano ha sido espectacularmente rápida y reciente. El anatomista norteamericano C. Judson Herrick aludió al desarrollo del neocórtex en los siguientes términos: «Su formidable crecimiento en la última fase filogenética constituye uno de los ejemplos más llamativos de transformación evolutiva que conoce la anatomía comparada». El cierre incompleto del cráneo al nacer, la hendidura de la cubierta ósea llamada fontanela, es con toda probabilidad una adaptación imperfecta a esta reciente evolución del cerebro.

En el libro del Génesis hallamos una insólita explicación del nexo entre la evolución de la inteligencia y el dolor del parto. Como castigo por comer la fruta del árbol del conocimiento del bien y del mal, Dios dice a Eva:<sup>2</sup> «Parirás con dolor» (Génesis, 3,16).

El juicio de Dios sobre la serpiente fue el de que en adelante «reptarás sobre tu vientre», dando a entender que con anterioridad, los reptiles tenían otra forma de desplazarse, lo cual coincide exactamente con la realidad, puesto que los antecesores de las serpientes eran unos animales de cuatro patas parecidos a los dragones. Muchos ofidios conservan todavía en su cuerpo vestigios de los miembros de sus antecesores.

Es interesante hacer notar que Dios no prohíbe la adquisición de todo tipo de conocimiento, sino, de manera específica, el conocimiento de la diferencia entre el bien y el mal, es decir, los juicios abstractos y morales, que de residir en alguna parte del cerebro se ubicarían en el neocórtex. Incluso en la época en que se escribió el relato del Paraíso, el perfeccionamiento de las facultades cognoscitivas se asociaba a la idea del hombre cargado de atributos divinos y tremendas responsabilidades. Dijo Yhavé, Dios: «He aquí al hombre hecho como uno de nosotros, conocedor del bien y del mal; que no vaya ahora a tender su mano al árbol de la vida, y comiendo de él, viva para siempre» (Génesis, 3,22). Así pues, el hombre debe ser expulsado del Paraíso y Dios coloca al este del Edén una guardia de querubines con flameantes espadas para mantener al Árbol de la Vida lejos de las ambiciones del hombre.

El texto bíblico habla de querubines, en plural, y en el Génesis (3,24) se habla específicamente de una espada flamígera. Es de suponer que este tipo de espada no abundaba

Tal vez el jardín del Edén no sea tan distinto de la Tierra como se les mostraba a nuestros antepasados de hace tres o cuatro millones de años, en el curso de una legendaria época dorada en la que el género *Homo* vivía en perfecta armonía con los restantes animales y vegetales. Según el relato bíblico, tras su expulsión del paraíso la humanidad es condenada a morir; a ganar el pan con su esfuerzo; a vestirse y guardar un cierto pudor como preventivos de la estimulación sexual; a la férula de los hombres sobre las mujeres; al cultivo de las plantas (Caín); a la domesticación de los animales (Abel) y al asesinato (Caín y Abel). Todos estos aspectos se ajustan con bastante exactitud a los indicios históricos y arqueológicos. No hallamos en la metáfora del Edén prueba alguna de asesinato antes de la Caída. Sin embargo, los cráneos fracturados de bípedos no pertenecientes al tronco evolutivo del hombre pueden constituir un indicio de que nuestros antepasados dieron muerte, incluso en el mismo Edén, a muchos animales antropomorfos.

La civilización arranca no de Abel, sino de Caín el homicida. El mismo término «civilización» deriva del vocablo latino para designar la ciudad. Fue el tiempo libre, la organización comunal y la especialización de la actividad laboral en las primeras ciudades lo que propició la aparición de las artes y de las técnicas que consideramos como pruebas de contraste de las distintas civilizaciones. Según el Génesis, la primera ciudad fue construida por Caín, el inventor de la agricultura, actividad que requiere un asentamiento fijo, y fueron sus descendientes, los hijos de Lamec, los que inventaron tanto «los instrumentos cortantes de bronce y de hierro» como los instrumentos musicales. La metalurgia y la música, es decir, la técnica y el arte, son patrimonio de la estirpe de Caín. Por otro lado, las pasiones exacerbadas que conducen al asesinato no se atemperaron. Así, Lamec dice: «Por una herida mataré a un hombre y a un joven por un cardenal; si Caín fue vengado siete veces, Lamec lo será setenta veces siete». Desde entonces conocemos el nexo entre asesinato e invención. Uno y otro derivan de la agricultura y de la civilización.

Una de las primeras consecuencias de las facultades anticipatorias inherentes a la evolución de los lóbulos prefrontales debe haber sido la conciencia de la muerte. Con toda seguridad el hombre es el único organismo en la tierra con una idea relativamente clara de la inevitabilidad del destino que le aguarda. Los diversos ceremoniales fúnebres, entre los que se incluye el depósito de alimentos y de objetos junto al cuerpo del fallecido, se remontan por lo menos a la época de nuestro pariente el hombre de Neanderthal, lo que indica no sólo una dilatada conciencia de la muerte, sino también una ceremonia ritual ya configurada que tiende a procurar sustento a los muertos en la otra vida. No es que la idea de la muerte estuviera ausente antes del espectacular desarrollo del neocórtex y de la expulsión del paraíso; lo que ocurre es que hasta aquel momento nadie había reparado en que la muerte sería su destino último.

La alegoría de la expulsión del paraíso parece ser una metáfora apropiada para algunas de las efemérides biológicas más importantes acaecidas en la evolución reciente del hombre. Puede que en ello radique la amplia difusión que goza.

. En Occidente, quede bien claro. Por supuesto que en otras culturas abundan también las leyendas clarividentes y cargadas de contenido sobre el origen de la especie humana.

Sin embargo, no es tan extraordinaria como para inducirnos a creer en una especie de memoria biológica de eventos históricos del pasado, aunque desde mi punto de vista se me antoja próxima a ello, hasta el punto de que bien merece la pena asumir el riesgo de plantear por lo menos la cuestión. El único depositario de la mentada memoria biológica es,

por supuesto, el código genético.

Hace cincuenta y cinco millones de años, durante el eoceno, se dio una gran proliferación de primates, tanto de los que habitaban en los árboles como en el suelo, y se inició un tronco que desembocaría en la aparición del hombre. Algunos primates de aquella época —tal es el caso, por ejemplo, de un prosimio llamado *Teto-nius*— presentan en los moldes endocraneales obtenidos pequeñas protuberancias en el mismo lugar en que más tarde se originarán los lóbulos frontales.

*La creación de Adán.* Relieve de las puertas de la iglesia de San Pedro, Bolonia, obra de Jacopo della Quercia.

La primera evidencia fósil de un cerebro con un aspecto vagamente humano se remonta al periodo miocénico, dieciocho millones de años atrás, cuando hace su aparición un antropoide al que conocemos como el *Procónsul* o *Dryopithecus*. El *Procónsul* era cuadrúpedo y arbóreo y, probablemente, antepasado de los grandes simios de hoy, así como también del *Homo sapiens*. Sus rasgos son poco más o menos los que cabía esperar de un antepasado común de los simios y de los hombres.

*La tentación de Adán y Eva* por una serpiente dotada de una singular cabeza humana. Relieve de las puertas de la iglesia de San Pedro, Bolonia, obra de Jacopo della Quercia.

Algunos antropólogos consideran que el *Ramapithecus*, que apareció aproximadamente por la misma época, es el antepasado del hombre.) Los moldes endocraneales del *Procónsul* muestran unos lóbulos frontales apreciables, pero unas convoluciones neocorticales mucho menos desarrolladas que las del mono y el hombre actual. Su volumen craneal era todavía muy pequeño. El hito más importante en la evolución de la capacidad craneal tuvo lugar en los últimos millones de años.

*La expulsión del Paraíso terrenal.* Relieve de las puertas de la iglesia de San Pedro, Bolonia, obra de Jacopo della Quercia.

Se ha dicho que los pacientes que han sufrido lobotomías pre-frontales han perdido «el sentido continuado de identidad», es decir, la sensación de ser un individuo distinto de los demás con un cierto dominio sobre sus actos y circunstancias, lo que podríamos llamar la «egocidad», el carácter de único que se posee en tanto que individuo. Es muy posible que los mamíferos inferiores y los reptiles, por carecer de extensos lóbulos frontales carezcan también de este sentimiento, real o ilusorio, de individualidad y libre albedrío que tanto caracteriza al ser humano y que tal vez el *Procónsul* experimentara levemente por vez primera. Es muy probable que los avances culturales y la evolución de aquellos rasgos fisiológicos que consideramos privativos del hombre hayan venido literalmente de la mano: cuanto mejores sean nuestras predisposiciones genéticas a la carrera, la comunicación social y la manipulación instrumental, mayores serán también las probabilidades de que desarrollemos útiles y estrategias de caza efectivas; cuanto mayor sea la adaptabilidad de dichos útiles y estrategias, mayores serán las posibilidades de supervivencia de nuestra dotación genética característica. Uno de los principales exponentes de esta teoría, el antropólogo norteamericano Sherwood Washburn, de la Universidad de California, ha dicho: «Mucho de lo que consideramos como propio del hombre se desarrolló mucho tiempo después de que empezaran a utilizarse las herramientas. Probablemente sea más exacto pensar que buena parte de nuestra estructura es el resultado de un proceso cultural que no creer en la existencia de unos seres anatómicamente semejantes a nosotros que lenta y progresivamente han ido desarrollando la cultura».

Algunos estudiosos de la evolución humana consideran que buena parte de la presión selectiva que se oculta tras ese trascendental evento en el proceso de cerebración se dio primero en la corteza motora, y no en las regiones neocorticales que regulan los procesos cognoscitivos. Subrayan así la notable aptitud del ser humano para lanzar proyectiles y dar certeramente en el blanco, andar airoso y correr desnudos —como Louis Leakey gustaba de ilustrar con su propia persona— hasta rebasar en su carrera e inmovilizar a los animales de caza. Es posible que deportes como el béisbol, el fútbol y la lucha libre, así como las pruebas atléticas y las competiciones de campo a través, el juego del ajedrez y la guerra en general deban su atractivo, así como la gran participación que en ellos tiene la población masculina, a estas condiciones para la caza «impresas» en nuestro cerebro que tanta utilidad han reportado al hombre durante millones de años, pero que hoy pierden progresivamente aplicaciones prácticas.

La invención del lenguaje humano marcó un hito fundamental en la evolución del hombre. Entre sus manifestaciones más acabadas estaba, como muestra la imagen, el relato de viva voz, forma cultural anterior a la invención de la escritura.

Tanto la defensa efectiva contra los depredadores como la caza eran necesariamente tareas de grupo. El medio físico en que apareció el hombre —en África ocurrió durante el plioceno y el pleistoceno— estaba habitado por una gran variedad de fieros mamíferos carnívoros, los más temibles de los cuales eran, quizás, las carnívoras de hienas gigantes. Era sumamente difícil repeler en solitario el ataque de una de estas carnívoras. Acechar presas de gran tamaño, bien aisladas bien en rebaño, es tarea peligrosa que requiere de los cazadores cierto grado de comunicación mediante señas o ademanes. Nos consta, por ejemplo, que poco tiempo después de que el hombre llegase a Norteamérica por el

estrecho de Bering, durante el pleistoceno, hubo grandes y espectaculares matanzas de animales de caza de gran tamaño, a menudo haciendo que los rebaños se despeñaran por los barrancos. Para poder acechar a una sola bestia salvaje o provocar una estampida que conduzca a la muerte a un rebaño de antílopes es preciso que los cazadores hagan un mínimo uso del lenguaje simbólico. El primer acto de Adán, mucho antes de la Caída e incluso antes de la creación de Eva, fue de orden lingüístico: poner nombres a los animales del paraíso.

Ni que decir tiene que algunas formas de lenguaje simbólico mediante gestos se originaron mucho antes de que aparecieran los primates. Los cánidos y muchos otros mamíferos que establecen jerarquías de dominio muestran actitud de sumisión bien apartando los ojos bien doblando la cerviz. Nos hemos referido ya a otros rituales de sumisión en primates tales como los macacos. Es posible que, en el hombre, las reverencias, breves inclinaciones de cabeza y otros actos de cortesía tengan un origen similar. Muchos animales parecen subrayar la amistad mordiendo a su compañero sin hacerle daño como diciéndole: «Podría morderte con fuerza, pero prefiero no hacerlo». El saludo con la mano derecha alzada, habitual en el ser humano, tiene exactamente el mismo significado: «Podría atacarte con un arma, pero prefiero no empuñarla».

A veces, levantar la mano con la palma abierta se interpreta como un símbolo «universal» de buena voluntad. Así parece que ha sido desde los días de la guardia pretoriana hasta la época de los exploradores sioux. Dado que, según muestra la historia humana, es el hombre quien empuña las armas arrojadas, alzar la mano debería ser, y por lo general lo es, un saludo genuinamente masculino. Por esas y otras razones, la placa que a bordo de la nave espacial *Pioneer 10* —el primer artefacto de la historia que abandonó el sistema solar— exhibía las figuras de un hombre y una mujer desnudos; el hombre con la mano en alto, abierta, en actitud de saludo (véase la ilustración de la pág. 240). En *La conexión cósmica* aludo a los dos personajes que figuran en dicha placa como la parte más oscura del mensaje. De todos modos vacilo y me digo que tal vez otros seres de muy distinta biología sepan interpretar el significado del gesto del hombre.

Muchos pueblos cazadores han hecho un uso considerable del lenguaje por signos o gestos, como, por ejemplo, los indios americanos de las llanuras, que también realizaban señales de humo.

Según Hornero, la victoria de los helenos en Troya fue comunicada desde Ilium a Grecia, situada a una distancia de varios centenares de kilómetros, mediante una sucesión de fogatas. Eso ocurría alrededor del año 1100 a.C. Sin embargo, tanto el repertorio de ideas como la rapidez con que pueden comunicarse mediante signos o gestos son limitados. Darwin señaló la inoperancia de estos lenguajes si tenemos las manos ocupadas, cuando es de noche o si algún obstáculo nos impide ver las manos del interlocutor. No resulta difícil imaginar que el lenguaje por señas o por ademanes fuese sustituido gradualmente, y finalmente suplantado de lleno, por el lenguaje oral, que en un principio tal vez consistiera en simples sonidos onomatopéyicos, es decir, imitativos del sonido del objeto o de la acción que estamos expresando. Los niños llaman a los perros «guau-guau». En casi todos los lenguajes del hombre el término que el niño utiliza para decir «madre» parece una evocación del sonido que emitía inadvertidamente mientras era amamantado. Pero lo importante es que todos estos hechos no pueden haberse producido sin una reestructuración del cerebro.

Hoy sabemos, en base a los restos óseos del hombre primitivo, que nuestros antepasados eran cazadores. Sabemos lo suficiente acerca de la caza de animales corpulentos para comprender que se precisa una forma u otra de comunicación para acechar una presa en grupo. Con todo, las ideas sobre la antigüedad del lenguaje se han visto inesperada y considerablemente reforzadas gracias a los minuciosos estudios de fósiles endocraneales llevados a cabo por el antropólogo norteamericano Ralph L. Holloway, de la Universidad de Columbia, quien ha sacado moldes de caucho de los cráneos fosilizados y ha intentado deducir algunas conclusiones sobre la intrincada morfología del cerebro partiendo de la configuración de los mismos. Se trata de una especie de frenología, pero más interna que superficial y con una base mucho más sólida. Holloway está convencido de que en los moldes endocraneales puede detectarse la región del cerebro conocida como «área de Broca», uno de los diversos centros que regulan el habla. Asimismo, cree haber encontrado indicios de la existencia de esta región cerebral en un fósil de *H. habilis* que tiene más de dos millones de años de antigüedad. Cabe, pues, pensar que el lenguaje, las herramientas y la cultura surgieron aproximadamente en la misma época.

Señalemos de pasada que hubo criaturas antropomorfas que vivieron hace sólo unas pocas decenas de miles de años —el hombre de Neanderthal y el de Cro-Magnon— y que poseían por término medio volúmenes craneales de unos 1.500 cm<sup>3</sup> es decir, que excedían en más de cien centímetros cúbicos el volumen de nuestros cerebros. La mayoría de los antropólogos consideran que no descendemos de la especie de Neanderthal ni quizá tampoco del llamado hombre de Cro-Magnon. Sin embargo, la existencia de uno y otro suscita la cuestión de averiguar quiénes eran estos especímenes antropomorfos y cuáles sus aportaciones. El hombre de Cro-Magnon era un ser de considerable altura; algunos individuos rebasaban con mucho el metro ochenta. Hemos visto ya que una diferencia de 100 centímetros cúbicos en cuanto al volumen cerebral no parece revestir gran importancia, y hasta es posible que no fueran más inteligentes que nosotros o nuestros inmediatos antepasados. Quizá padecieran taras físicas que hoy por hoy desconocemos. El hombre de Neanderthal tenía una frente escasa, pero su cabeza era alargada en sentido longitudinal. En cambio, nosotros poseemos una cabeza menos dilatada pero más grande en sentido vertical, lo que nos sitúa sin discusión en la categoría de los seres dotados de una gran masa cerebral. ¿Acaso el desarrollo del cerebro que se aprecia en el hombre de

Neanderthal acaeció en los lóbulos parietales y occipitales, mientras que el desarrollo principal del cerebro de nuestros antepasados tuvo por marco los lóbulos frontales y temporales? ¿Cabe en lo posible que el hombre de Neanderthal desarrollase una mente muy distinta de la nuestra y que las superiores facultades lingüísticas y anticipatorias del hombre le llevara a eliminar totalmente a nuestros fornidos e inteligentes primos?

Por lo que sabemos, el ser intelectivo aparece en la Tierra hace unos cuantos millones, o quizá docenas de millones de años. Pero este lapso no supone sino un porcentaje mínimo (unas décimas solamente) de la edad del planeta o, trasladándolo al calendario cósmico, al último día del mes de diciembre. ¿Por qué una aparición tan tardía? Parece evidente que alguna determinada propiedad del cerebro de los primates y cetáceos superiores no se originó hasta fecha muy moderna. Pero ¿de qué propiedad se trata? Se me ocurren por lo menos cuatro posibilidades, todas las cuales han sido ya mencionadas, sea explícita o implícitamente.

Una «reunión en la cumbre» durante el pleistoceno. De izquierda a derecha: *Homo habilis* (un tanto deteriorado), *Homo erectus*, hombre de Neanderthal, hombre de Cro-Magnon y *Homo sapiens*.

A saber: 1) la de que nunca antes se había dado un cerebro tan voluminoso; 2) la de que nunca se había dado una proporción tan alta entre masa cerebral y corpórea; 3) la de que nunca antes existió un cerebro con determinadas unidades funcionales (por ejemplo, lóbulos frontales y temporales muy pronunciados); y 4) la de que nunca hubo un cerebro con tantas conexiones neurales o sinapsis. (Parecen existir indicios de que durante el proceso de cerebración se produjo un incremento del número de conexiones de cada neurona con su vecina, así como en el número de micro-circuitos.) Las hipótesis 1, 2 y 4 indican que un cambio cuantitativo originó otro de orden cualitativo. Creo que de momento no es posible decantarse tajantemente por una de esas cuatro alternativas, y presiento que la verdad abarcará probablemente buena parte de las respectivas opciones.

Sir Arthur Keith, investigador británico que ha estudiado el proceso evolutivo del hombre, propuso lo que él denominó un «rubicón» en el proceso de cerebración. Según su teoría, a partir del volumen cerebral del *Homo erectus* —unos 750 cm<sup>3</sup> aproxima damente el cubicaje de una motocicleta potente— empiezan a emerger los rasgos exclusivos del ser humano. Claro que este rubicón bien pudo ser de orden cualitativo y no sólo cuantitativo. Quizá la diferencia no residiera tanto en los 200 centímetros cúbicos suplementarios como en determinado desarrollo de los lóbulos frontal, temporal y parietal que nos procuraron facultades de análisis y anticipación y sentimientos de ansiedad.

Aun cuando cabe discutir la exacta equivalencia del mentado rubicón, creemos que la noción de un límite de tal tipo no carece de valor. Pero si existe un rubicón próximo a los 750 centímetros cúbicos, al tiempo que las diferencias de 100 o de 200 centímetros cúbicos no parecen —por lo menos en el caso del hombre— factores determinantes del grado de inteligencia, ¿no será entonces posible atribuir a los monos cierta inteligencia reconocible como humana? El volumen del cerebro de un chimpancé es por término medio de 400 centímetros cúbicos, y el de un gorila de las tierras bajas de 500 centímetros cúbicos. Pues bien, esta es la escala de variación de volúmenes cerebrales entre los australopitecos gráciles, conocedores de las herramientas de mano.

El historiador judío Josefo añade a la lista de penalidades y tribulaciones inherentes a la expulsión del paraíso la pérdida de nuestra capacidad para comunicarnos con los animales. Los chimpancés poseen un cerebro voluminoso, una neocorteza bien desarrollada y conocen también una larga infancia y dilatados periodos de adaptación. ¿Son capaces de pensar en abstracto? Y si son criaturas inteligentes, ¿por qué no conocen el uso de la palabra?

## Las abstracciones de los brutos

Te pido a ti y a todos en general que me señaléis un rasgo genérico ... que permita diferenciar al hombre del simio. Ciertamente, yo no sé de ninguno y me gustaría que alguien me indicara lo contrario. Sin embargo, si hubiese llamado «mono» al hombre o a la inversa, todos los clérigos se me habrían echado encima. Tal vez, como naturalista que soy, tendría que haberlo hecho.

CARL LINNEO, fundador de la taxonomía, 1778

Las bestias no pueden formular abstracciones declaró John Locke, expresando con estas palabras el sentir generalizado del hombre en el transcurso de la historia escrita. Pero el obispo Berkeley replicó con sarcasmo: «Si lo que confiere a los brutos la condición de tales es el hecho de que no sean capaces de pensar en abstracto, me temo que muchos de los que pasan por hombres deberían sumarse a ellos». El pensamiento abstracto, por lo menos en sus manifestaciones más sutiles, no es un rasgo permanente del hombre medio en sus actividades cotidianas. ¿Y si el pensamiento abstracto no fuera tanto una cuestión de especie como de grado? ¿No pueden otros animales realizar abstracciones aunque no sea con la frecuencia y la agudeza del hombre?

Entre nosotros prevalece la idea de que los demás animales no son criaturas muy inteligentes. Sin embargo, cabe preguntarse si hemos analizado con rigor la posibilidad de que los animales posean un apreciable nivel intelectual. ¿No será que como en *El pequeño salvaje*, la punzante película de Francois Truffaut, tendemos a ver en la ausencia de nuestra forma de expresar la inteligencia la carencia de la misma? Refiriéndose al tema de la comunicación con otras especies animales, el filósofo francés Montaigne manifestó: «¿Por qué suponer que los impedimentos que dificultan esta comunicación son imputables sólo a ellos y no, también, a nosotros?».

Puede que las dificultades que tenemos para comprender o establecer comunicación con otros animales deriven de nuestra reticencia en asimilar otras formas menos familiares de relación con el medio. Por ejemplo, los delfines y los cetáceos, que detectan el entorno mediante un sistema muy perfeccionado de rastreo por eco semejante al sonar, también se comunican entre sí mediante una amplia y perfeccionada serie de chasquidos que hasta el momento no han podido ser interpretados. Una moderna y brillante teoría, a la sazón en fase de investigación, asegura que la comunicación entre dos delfines supone una recreación de las características de reflexión tipo sonar de los objetos descritos por el pez. Desde este ángulo, un delfín no alude al tiburón con una sola palabra, sino que transmite una serie de chasquidos que corresponden al espectro de reflexión auditivo que obtendría al proyectar en un tiburón las ondas acústicas según el modo de detección, semejante al sonar, propio del delfín. Según esta apreciación, la forma básica de comunicación entre dos delfines vendría a ser una especie de onomatopeya aural, un esbozo de imágenes en frecuencia audio, en el caso que nos ocupa esbozos o caricaturas del tiburón. No es difícil imaginar la amplitud de tal lenguaje trasladándolo de las ideas concretas a las abstractas, y mediante el uso de una especie de jeroglífico auditivo, en uno y otro caso análogos al surgimiento del lenguaje escrito en Egipto y Mesopotamia. En dicho supuesto, los delfines estarían en condiciones de crear extraordinarias imágenes audio nacidas de la imaginación más que de sus experiencias.

Existe, ciertamente, un largo anecdotario demostrativo de que los chimpancés son criaturas inteligentes. El primer estudio serio sobre el comportamiento de los simios —sin excluir el medio natural que les es propio— lo llevó a cabo en Indonesia Alfred Russel Wallace, descubridor, conjuntamente con Darwin, de la evolución a través de la selección natural. Estudiando los hábitos de conducta de una cría de orangután, Wallace llegó a la conclusión de que su comportamiento «era exactamente el mismo que el de un niño en circunstancias parecidas». En realidad, el término «orangután» corresponde en malayo a una frase que significa «hombre de la selva» y no «simio». Teuber se hace eco de numerosas anécdotas que le fueron contadas por sus padres, dos etólogos alemanes, adelantados de su especialidad, que a principios del segundo decenio del presente siglo fundaron y dirigieron en Tenerife, Islas Canarias, el primer centro experimental dedicado al estudio de la conducta de los chimpancés. Fue allí donde Wolfgang Kohler realizó sus famosas investigaciones con Sultán, un chimpancé «superdotado» capaz de unir las dos partes de un bastón o caña para poder hacerse con un plátano que de otro modo hubiera permanecido fuera de su alcance. También en el centro experimental de Tenerife se vio a dos chimpancés que se entretenían maltratando a un polluelo: uno de ellos mostraba al animalito un poco de comida y cuando se acercaba atraído por ella su compañero le sacudía con un alambre que ocultaba tras la espalda. El polluelo reculaba, pero en seguida reincidía, lo que le valía un nuevo azote. Este proceder constituye una clara combinación de un comportamiento que en ocasiones se juzga exclusivo del ser humano y que presupone cooperación, confabulación de cara a la comisión de ciertos actos, engaño y crueldad. También demuestra que los polluelos poseen escasa capacidad para aprender a prevenirse del riesgo.

Hasta hace unos pocos años, los intentos más concienzudos para establecer comunicación con los chimpancés discurrían poco más o menos del siguiente modo: al nacer la cría del chimpancé se la trasladaba a un hogar que tuviese un bebé y se los criaba juntos utilizando cunas, cochecitos, sillas altas, orinales, pañales y botes de talco iguales para uno y otro. Al término de los tres años, el joven chimpancé superaba con mucho al niño cuando se trataba de operar manualmente, trepar, dar brincos, correr y otras actividades motoras. Sin embargo, mientras que el niño se regodeaba balbuciendo una frase tras otra, el chimpancé sólo podía pronunciar, y aun con muchas dificultades, palabras como «mamá», «papá», etc. De aquí que muchos dieran por sentado que el chimpancé era un ser bastante inepto para expresarse, razonar y otras funciones mentales superiores: «La bestia es incapaz de formular abstracciones».

Sin embargo, hubo dos psicólogos de la Universidad de Nevada, Beatrice y Robert Gardner, que cavilando en torno

a los experimentos realizados observaron que la faringe y la laringe del chimpancé no están adaptados para emitir sonidos y articular palabras como en el caso del hombre. Curiosamente, éste utiliza un mismo órgano, la boca, para comer, respirar y comunicarse con otros individuos. En insectos como los grillos, que se llaman entre sí restregando una pata con otra y produciendo el clásico chirrido, estas tres funciones corresponden a tres órganos distintos. A lo que parece, el habla, en el hombre parece conformarse como un evento accidental.

Washoe (a la izquierda) expresa en lenguaje Ameslan la palabra «sombbrero» al serle mostrado un gorro de lana.

Washoe (izquierda) indica por señas, en lenguaje Ameslan, la palabra «dulce» a la vista de un chupón o caramelo de palo.

Por otra parte, el hecho de que el hombre utilice para expresarse oralmente órganos que cumplen otras misiones demuestra también que nuestras facultades de expresión oral se originaron en un pasado relativamente cercano. En opinión de los Gardner, era razonable suponer que los chimpancés poseyeran facultades lingüísticas notables que no habían podido traslucir debido a las limitaciones anatómicas. Ello les llevó a preguntarse si había un tipo de lenguaje simbólico que potenciase más los rasgos positivos que los negativos de la anatomía del chimpancé.

Dieron así con una brillante idea: enseñar a este animal el lenguaje por señas utilizado en Norteamérica, conocido como el Ameslan (acrónimo de *American sign language*), o, también, «lengua norteamericana para sordomudos» (*American deaf and dumb language*). Se trata de una forma de expresión que se adapta maravillosamente bien a la soltura manual del chimpancé y que permite representar gestualmente los principales rasgos conceptuales del idioma hablado.

A la sazón disponemos de un nutrido acopio escrito y filmado de conversaciones en Ameslan y otros lenguajes por señas con Washoe, Lucy, Lana y otros chimpancés estudiados por los Gardner y diversos investigadores. Algunos chimpancés poseen un repertorio de cien a doscientos términos y, además, son capaces de distinguir entre diversos modelos de sintaxis y reglas gramaticales. Y lo que es más significativo: se han mostrado singularmente ingeniosos en la construcción de vocablos y expresiones de nuevo cuño.

Así, cuando Washoe vio por vez primera a un pato en un estanque dijo mediante señas, «pájaro de agua», que corresponde al término utilizado en inglés y en otros idiomas, pero que el chimpancé improvisó para la ocasión. La hembra Lana no había visto otros frutos de forma esférica que las manzanas, pero como sabía indicar por señas el nombre de los colores principales, un día en que vio a uno de los cuidadores comer una naranja, señaló con los correspondientes ademanes: «manzana color naranja». Después de probar una raja de sandía, Lucy la llamó «bebida con azúcar» y «fruta líquida»; pero cuando sintió el escozor del primer rábano que cataba, dijo entonces que se trataba de «comida que duele y hace llorar». Cuando a Washoe le pusieron una muñequita en la taza que sostenía, dijo mediante señas: «niño en mi bebida». A este último chimpancé se le enseñó a representar la palabra «sucio» siempre que se hacía las necesidades encima o en un mueble, y el animal extrapoló el término aplicándolo de manera genérica a cualquier tipo de exceso. En presencia de un *Rhesus* (mono común) con el que no simpatizaba, repitió machaconamente: «mono asqueroso, mono asqueroso, mono asqueroso». A veces decía cosas como: «Sucio Jack, bebida con trampa». En un momento de tedio y de inspiración a la vez, Lana apostrofó a su cuidador llamándole «cagarruta verde». Los chimpancés han llegado a inventar hasta juramentos. Washoe parece tener incluso cierto sentido del humor. En una ocasión en que cabalgaba sobre las espaldas de su cuidador al tiempo que, tal vez inadvertidamente, se le orinaba encima, manifestó jubiloso: «Divertido, divertido».

En cuanto a Lucy, terminó por aprender a distinguir claramente el sentido de frases como «Roger hace cosquillas a Lucy» y «Lucy hace cosquillas a Roger», dos actividades que la deleitaban en extremo. Asimismo, Lana dedujo de la frase «Tim cuida de Lana» otra que decía «Lana cuida de Tim». Washoe fue sorprendido «leyendo» una revista: el chimpancé volvía las páginas despacio, se entretenía contemplando las ilustraciones y, en un momento dado, sin dirigirse a nadie en particular, realizaba las señas pertinentes, como la correspondiente a la palabra «gato» al toparse con la fotografía de un tigre, o «bebida» al fijar la vista en el anuncio de un vermouth. Habiendo aprendido a indicar por señas la palabra «abierto» con referencia a una puerta, Washoe extendió el concepto a una cartera de mano. También intentó conversar en Ameslan con el gato del laboratorio, que resultó ser el único analfabeto del lugar. Después de adquirir este sorprendente medio de comunicación, es posible que Washoe se sorprendiera de que el gato no fuese también experto en el empleo del Ameslan. Un día en que Jane, la madrastra de Lucy, salió del laboratorio, ésta la miró con fijeza y dijo por señas: «Llámame. Yo gritar».

Boyce Rensberger es un periodista muy dotado y sensible que trabaja en la plantilla del *New York Times*. Sus padres eran sordomudos, aunque él es perfectamente normal. Con todo, el primer idioma que conoció fue el Ameslan. Después de que el *Times* le enviara a Europa por espacio de algunos años, de vuelta a los Estados Unidos una de las primeras tareas que se le encomendaron en el plano interior fue la de investigar los experimentos de los Gardner con Washoe. Después de haber dedicado un poco de tiempo a trabar conocimiento con el chimpancé, Rensberger escribió un reportaje en el que, entre otras cosas, decía: «De repente me di cuenta de que estaba conversando con un individuo de otra especie en la lengua que había conocido cuando niño». Por supuesto, el empleo del término «lengua» es figurativo y está profundamente encastrado en la estructura del lenguaje (su otra acepción hace referencia al órgano físico propiamente dicho). Pero la verdad es que Rensberger conversaba con un miembro de otra especie en su «mano» (no lengua) nativa. Ha sido precisamente esta transición del órgano lengua al apéndice mano lo que ha permitido al hombre recobrar la facultad —que según Josefo perdió en el instante en que fue expulsado del paraíso— de comunicar con los animales.

Además del Ameslan, los chimpancés y otros primates que nada tienen que ver con el hombre, aprenden diversidad

de lenguajes gestuales. Por ejemplo, en el Centro Regional de Investigación de Primates de Yerkes, en Atlanta (Georgia), aprenden un lenguaje específico de computador llamado *Yerkish* (por los investigadores, no por los chimpancés). El computador registra todas las conversaciones de sus alumnos, incluso durante la noche, cuando no están presentes los cuidadores. Gracias a él sabemos que los chimpancés prefieren el jazz al rock y las películas de chimpancés a los filmes en que interviene el hombre. Al llegar el mes de enero de 1976, Lana había visionado una cinta titulada *The developmental anatomy of the chimpanzee* nada menos que 245 veces. No cabe duda de que vería con agrado una mayor variedad en el fondo de material fílmico en el archivo.

En la fotografía de la página siguiente vemos a Lana solicitando al computador mediante las correspondientes señas que se le suministre un plátano. También se muestra gráficamente la sintaxis necesaria para que el animal pueda obtener del computador agua, zumo de frutas, chocolate líquido, la audición de música, el visio-Hado de una película o la apertura de una ventana. (La máquina satisface muchas de las necesidades de Lana, pero no todas. De aquí que en ocasiones, en mitad de la noche, la hembra se lamenta con desconsuelo: «Máquina, por favor, hazle cosquillas a Lana.») Posteriormente se han planteado al chimpancé peticiones y comentarios más complicados, cada uno de los cuales requiere el empleo creativo de una determinada forma gramatical.

Lana en su computador. El simio debe tirar de la barra situada sobre su cabeza, adosada al mismo techo, para activar la consola. Cerca de la base del tablero de mando hay unos distribuidores automáticos de zumo de frutas, agua, plátanos y confites de chocolate.

Lana controla las frases que elabora frente al panel del computador y borra aquellas que contienen errores gramaticales. Una vez, mientras Lana se afanaba en la construcción de una frase compleja, su entrenador interpoló repetida e intencionadamente desde la consola del computador en que se hallaba, separada de la de Lana, una palabra que desposeía de todo sentido la frase del chimpancé. Lana fijó la mirada en su panel, miró de soslayo al cuidador sentado ante su consola y compuso otra frase que decía: «Tim, por favor, sal de la habitación». De la misma manera que Washoe y Lucy puede decirse que saben hablar, cabe afirmar que Lana sabe redactar.

En la etapa primeriza durante la cual Washoe aprendía a desarrollar sus facultades verbales, Jacob Bronowski y un colega suyo dieron a conocer un trabajo científico en el que se quitaba todo valor al lenguaje por señas y ademanes que utilizaba el citado chimpancé. Bronowski, que no tenía en su poder más que escasos datos, alegaba para ello que Washoe no interpellaba ni negaba las propuestas que se le hacían. Sin embargo, investigaciones posteriores demostraron que tanto Washoe como otros chimpancés eran perfectamente capaces de formular preguntas y de rebatir aseveraciones. Resulta difícil apreciar una diferencia cualitativa de consideración entre el uso del lenguaje gestual por parte de los chimpancés y el empleo del habla ordinaria por los niños de un modo que inequívocamente atribuimos a la inteligencia. Leyendo el trabajo de Bronowski tengo la ligera impresión de que hay en él un poco de chovinismo humano, una reminiscencia de la afirmación de Locke de que «las bestias no pueden formular abstracciones». En 1949, el antropólogo norteamericano Leslie White declaró categóricamente: «El comportamiento humano es un comportamiento simbólico; y el comportamiento simbólico es un comportamiento humano». ¿Qué hubiese pensado White de haber conocido los casos de Washoe, Lucy y Lana?

Estas observaciones acerca del lenguaje y el nivel de inteligencia de los chimpancés tienen una intrigante incidencia en los argumentos «rubicón» antes mencionados, a saber, la aserción de que la masa total del cerebro, o como mínimo la razón entre las masas cerebral y corporal, es un índice válido del nivel intelectual. En contra de esta tesis se había dicho que los niveles inferiores de la masa cerebral de los individuos microcefálicos concuerdan con el Umite superior de masa cerebral en los gorilas y chimpancés adultos, con la ventaja de que los primeros poseen, aunque muy mercedas, facultades de expresión oral, mientras que los simios carean de ellas. Sin embargo conviene tener presente que los individuos microcefálicos sólo pueden expresarse oralmente en contadísimos casos. Una de las mejores descripciones que se han hecho sobre este género de individuos fue la que escribió en 1893 el médico ruso S. Korsakov, que estudió el caso de una mujer llamada Masha con un cerebro de dichas características. Masha solamente podía comprender algunas preguntas y obedecer unas cuantas órdenes, y muy contadas veces era capaz de evocar episodios de su infancia. A veces hablaba por los codos, pero casi todo lo que decía eran incoherencias. Refiriéndose a su capacidad de expresión oral, Korsakov señaló que su habla se caracterizaba por «una extrema pobreza de asociaciones lógicas». Para dar una idea de la cortedad de su intelecto, mal adaptado y semejante al de un autómatas, Korsakov refirió los hábitos de Masha en relación a la ingestión de alimentos. Cuando se le ponía comida en la mesa, la mujer la tomaba, pero si le era retirada súbitamente, se comportaba como si hubiese concluido el ágape, daba las gracias a los encargados de servirla y se persignaba. Si volvían a depositar los alimentos en la mesa, comía de nuevo y, al parecer, el juego se prolongaba indefinidamente. Por mi parte estoy convencido de que Lucy o Washoe hubieran sido unos compañeros de mesa mucho más interesantes que Masha y que la comparación de un individuo microcefálico de la especie humana con un simio corriente no es incompatible con la existencia de un cierto rubicón o linde de la inteligencia. Ni que decir tiene que en cuanto a los tipos de inteligencia que podemos identificar sin dificultades, tanto la calidad como la cantidad de las conexiones neurales revisten una importancia probablemente capital.

James Dewson, de la Facultad de Medicina de la Universidad de Stanford, y sus colegas han llevado a cabo últimamente una serie de experimentos que fundamentan en el plano fisiológico la idea de que los centros del lenguaje en los simios se hallan localizados en el neocórtex, sobre todo, como sucede con el hombre, en el hemisferio izquierdo.

La figura muestra el esquema lógico de cierto número de peticiones que se formulan al computador. Es un método en el que se aúnan las maneras corteses con la



Los simios fueron instruidos para que pulsaran una luz verde cuando oían un zumbido y una luz roja si se trataba de una nota. A los pocos segundos de que se escuchase un sonido, la luz verde o la roja aparecían en algún punto imprevisible —distinto en cada ocasión— del panel de mando. El simio pulsaba la luz pertinente y si su respuesta era correcta se le recompensaba con una pelotilla alimenticia. Más tarde, se aumentó a veinte segundos el intervalo entre la audición del sonido y el encendido de la luz correspondiente. A la sazón, para obtener la recompensa era preciso que los monos recordasen por espacio de veinte segundos el ruido que había llegado a sus oídos. Acto seguido, el equipo del doctor Dewson extirpó quirúrgicamente parte de la llamada corteza de asociación auditiva del hemisferio izquierdo del neocórtex, en el lóbulo temporal, y sometidos de nuevo a experimentación, los simios apenas recordaban el sonido que ahora se les hacía oír. En efecto, en menos de un segundo olvidaban si se trataba de un zumbido o de una inflexión de la voz. En cambio, la extirpación de una parte equivalente del lóbulo temporal del hemisferio derecho no tenía incidencia alguna en la capacidad de rememoración a que estamos aludiendo. Al parecer, Dewson comentó: «Da la impresión de que esta porción extirpada del cerebro de los monos corresponde a los centros del habla en el hombre». Investigaciones similares llevadas a cabo con los *Rhesus*, pero utilizando estímulos visuales en vez de auditivos, parecen demostrar que no existen indicios de que haya diferencia entre los hemisferios del neocórtex. Debido a la creencia generalizada (al menos entre los guardianes de los zoológicos) de que los chimpancés adultos son demasiado peligrosos para residir en un hogar o medio similar tras alcanzar la pubertad, Washoe y otros chimpancés que habían llegado a un notable dominio del lenguaje fueron retirados de las casas en que se encontraban sin que ellos lo solicitaran. He aquí la razón de que no tengamos datos consistentes sobre las facultades de expresión de los monos y simios adultos. Una de las cuestiones más interesantes sería saber si una hembra de chimpancé dotada de aptitudes para la expresión verbal podría transmitir las a su descendencia. Parece muy probable que así sea, y que una comunidad de chimpancés inicialmente facultada en el terreno del lenguaje por señas esté en condiciones de transmitir el lenguaje gestual a otras generaciones.

En el supuesto de que esta comunicación sea esencial para la supervivencia de la especie, existen ya algunos indicios de que los simios transmiten información extragenética o cultural. Jane Goodall tuvo ocasión de comprobar que las crías de chimpancé nacidas en la selva emulan el comportamiento de sus madres y aprenden la tarea no exenta de complejidad de encontrar una ramita o brizna apropiada para hurgar en el interior de los nidos de termitas y procurarse un bocado que consideran de lo más apetitoso.

Se han observado diferencias en la conducta de grupo —que nos sentimos fuertemente tentados a llamar diferencias culturales— entre chimpancés, babuinos, macacos y muchos otros primates. Así, por ejemplo, puede ocurrir que un grupo de monos sepa cómo comer los huevos que depositan las aves, en tanto que un grupo o comunidad que habita en las proximidades desconoce la manera de hacerlo. Este género de primates tiene un repertorio de unas cuantas docenas de sonidos o gritos que facilitan la comunicación entre los miembros del grupo. Así, uno de ellos tiene a buen seguro el significado de: «Huid, que viene un depredador». Pero el timbre y tono de los sonidos puede variar de un grupo a otro; existen, por decirlo de algún modo, acentos regionales.

Pero el experimento más curioso fue el que por vía accidental llevaron a cabo un grupo de científicos japoneses especialistas en el estudio de los primates que trataban de solucionar el exceso demográfico y el problema del hambre en una comunidad de macacos de una isla situada al sur del Japón. Los antropólogos en cuestión arrojaron granos de trigo en una playa arenosa. Piense el lector en lo difícil que resulta separar uno por uno los granos de cereal de los granos de arena, hasta el punto de que la tentativa podría requerir un consumo de energía mayor de la que podría procurar comer el trigo así esparcido. Sin embargo, una talentosa macaco hembra llamada Imo, bien por casualidad bien por despecho, arrojó puñados de arena y trigo mezclados al mar. Ahora bien, la arena se hunde mientras que el cereal flota, circunstancia de la que Imo se apercibió plenamente. Con tan singular proceso de cribado logró dar satisfacción a su estómago aunque, eso sí, a base de comer trigo reblandecido por el agua. Los macacos de más edad siguieron hurgando por su cuenta, ignorando el hallazgo del macaco hembra, pero los especímenes más jóvenes parecieron comprender la gran importancia del descubrimiento y siguieron el ejemplo de Imo. A la siguiente generación, la práctica se hallaba ya más extendida, y en la actualidad, los macacos que pueblan la isla utilizan este método de cerner el cereal, constituyendo con ello un ejemplo de tradición cultural entre los monos.

Una serie de investigaciones realizadas tiempo antes en el Taka-sakiyama, una montaña del sector noreste de Kyushu habitada por macacos, arrojaron una muestra similar de progreso cultural. Los visitantes arrojaban a los monos caramelos envueltos en papel, costumbre muy extendida en los zoológicos japoneses, pero que los macacos del monte Takasakiyama desconocían. En el curso del pasatiempo, algunos monos jóvenes aprendieron a desenvolver los caramelos y a comerlos, costumbre que fue transmitida sucesivamente a sus compañeros de juego, a las madres, a los machos dominantes (que en las comunidades de macacos hacen las veces de «niñeras» de las crías) y, por último, a los monos jerárquica mente inferiores, que son los que socialmente se hallan más distantes de las crías. El proceso de culturalización requirió más de tres años, y es que en las comunidades naturales de primates, las formas de comunicación no verbal en uso son tan variadas que apenas existe incentivo para elaborar un lenguaje gestual más perfeccionado. Con todo, si el chimpancé necesitara de él para sobrevivir, no cabe duda alguna de que sería transmitido de generación en generación.

En el supuesto de que los chimpancés incapaces de comunicarse tuvieran que morir o no pudiesen reproducirse, estoy convencido de que asistiríamos a un progreso y a una elaboración notables, en lo que al lenguaje se refiere, en el lapso de sólo unas pocas generaciones. El inglés básico se compone de unos mil vocablos. Muchos chimpancés dominan un repertorio lexicográfico que pasa del 10 por 100 de esta cifra. Aun cuando hace unos cuantos años habría

parecido un tema de ciencia-ficción sin conexión alguna con sucesos reales, no considero improbable que a la vuelta de unas pocas generaciones de chimpancés en posesión de este acervo lingüístico se den a conocer las memorias de la historia natural y la vida mental de un chimpancé publicadas en inglés o en japonés, quizás con la mención «según el testimonio de» a renglón seguido del nombre del autor.

Si los chimpancés son criaturas que tienen conciencia de sus actos, capaces de realizar abstracciones, ¿por qué no poseen lo que hasta hoy se ha dado en llamar un estatuto de los «derechos humanos»? ¿Qué grado de inteligencia ha de alcanzar un chimpancé para que su muerte se catalogue jurídicamente como un asesinato? ¿Qué otros rasgos debe incorporar para que los misioneros religiosos le consideren apto para ser objeto de catequización?

No hace mucho, el director de un importante centro de investigación sobre primates me mostró las dependencias del recinto. Enfilamos un corredor larguísimo en el que, al modo de un dibujo en perspectiva, veíanse alineadas una tras otra, hasta donde alcanzaba la vista, múltiples jaulas de chimpancés. Había uno, dos, y hasta tres en cada compartimento, y no me cabe la menor duda de que las instalaciones eran modélicas atendiendo a lo que son estos centros, (o, en relación con el caso propuesto, los clásicos zoológicos). Nos acercábamos a la primera de la serie de jaulas cuando los dos simios que la ocupaban empezaron a enseñar los dientes y con una puntería increíble lanzaban grandes escupitajos que alcanzaron de lleno el liviano traje de verano que vestía el director del centro. A continuación prorrumpieron en chillidos entrecortados que resonaron hasta el otro extremo del pasillo y que fueron repetidos y amplificados por otros animales enjaulados que ni siquiera nos habían visto, hasta que el estrecho pasadizo trepidó literalmente con los gritos, golpeteo de barrotes y sacudidas de las jaulas. El director me dijo que en esas ocasiones los chimpancés suelen arrojar otras cosas además de escupitajos y a instancias suyas emprendimos inmediatamente la retirada.

El suceso me trajo en seguida a la memoria las películas norteamericanas de los años treinta y cuarenta cuya acción discurría en una vasta y deshumanizada penitenciaría estatal o federal, donde los reclusos golpeaban los barrotes de las celdas con las marmitas cuando aparecía el guardián que desempeñaba el papel de sujeto sin entrañas. Los chimpancés en cuestión gozaban de excelente salud y estaban bien alimentados. Si son «solamente» animales, bestias incapaces de razonar en abstracto, entonces puede que mi comparación no sea más que un acceso de simpleza y sentimentalismo vacío. Pero lo cierto es que los chimpancés *pueden* abstraer y, al igual que otros mamíferos, son capaces de experimentar emociones intensas. Es indiscutible que no han cometido delito alguno. No presumo de tener la respuesta, pero estimo sinceramente que vale la pena plantear la cuestión y preguntar por qué en prácticamente todas las ciudades importantes del mundo se mete a los simios entre rejas.

A la luz de nuestros actuales conocimientos, el apareamiento eventual de un hombre con un chimpancé es perfectamente plausible.

Hasta hace muy poco se consideraba que una sola célula somática ordinaria del hombre contenía cuarenta y ocho cromosomas. Ahora sabemos que el número exacto es cuarenta y seis. En cuanto a los chimpancés, parece que tienen, efectivamente, cuarenta y ocho cromosomas, en cuyo caso sería inviable o raro por todos los conceptos el cruce de un hombre con un chimpancé.

Sin duda el hecho se habrá dado poquísimas veces, por lo menos modernamente. Uno no puede por menos que preguntarse cuál sería el estatuto legal de la prole fruto de una unión de este género. En mi opinión, las facultades cognitivas de los chimpancés nos obligan a interrogarnos sobre los verdaderos límites de la comunidad de seres a quienes debemos especiales consideraciones éticas. Espero, además, que su estudio puede contribuir a ensanchar nuestras perspectivas éticas y hacernos tomar en consideración, por vía descendente, a los grupos taxonómicos que pueblan la Tierra, y en línea ascendente, a los organismos extraterrestres, en el supuesto de que existan.

Resulta difícil calibrar el impacto emocional que supone para un chimpancé el aprendizaje de una lengua. Tal vez la mejor manera de averiguarlo sea analizar la reacción de un ser humano inteligente afectado por graves carencias sensoriales que experimentó en propia carne el hallazgo del lenguaje. Aun cuando Helen Keller, invidente y sordomuda, poseía una percepción, inteligencia y sensibilidad muy superiores a los de cualquier chimpancé, su testimonio conlleva en parte el tono emocional que este notable desarrollo en los modos de expresión de los primates puede producir en el chimpancé, sobre todo en un medio en que la posibilidad de comunicarse determina o refuerza considerablemente la supervivencia.

Un día, la instructora de la señorita Keller se dispuso a salir de paseo con su pupila. He aquí el relato de la paciente:

... me trajo el sombrero, y por ello supe que iba a salir a la cálida luz del sol. Este pensamiento, si es que una sensación muda puede llamarse así, me hizo saltar de alegría.

Bajamos caminando por el sendero que conducía a la caseta del pozo de la casa, atraídas por la fragancia de la madreSelva que la cubría. Alguien estaba bombeando agua, y mi instructora me colocó la mano bajo el chorro. Mientras el fresco líquido se derramaba por mi mano, ella me tomó la otra y delectó allí la palabra *agua*, primero lentamente y después con viveza. Permanecí inmóvil, con centrando la mente en el movimiento de sus dedos. De repente me asaltó como una vaga conciencia de algo olvidado..., la excitación de un pensamiento recobrado, y sin saber muy bien cómo me fue revelado el misterio del lenguaje. Supe entonces que A-G-U-A correspondía al maravilloso frescor que yo sentía resbalar por mi mano. Aquella palabra viva despertó mi alma, le infundió esperanza, la llenó de luz y de alborozo, ¡la liberó! Cierto es que todavía quedaban obstáculos que salvar, pero eran obstáculos que andando el tiempo podía vencer sin dificultad.

Me alejé del pozo con un deseo enorme de aprender. Ahora todo tenía un nombre, y cada nombre alumbraba

otra idea. De regreso a la casa todos los objetos que palpaba parecían estremecerse llenos de vida. La causa de ello estaba en que ahora lo veía todo con la extraña y súbita visión que me había poseído.

Tal vez el aspecto más sobresaliente de estos tres hermosísimos párrafos sea la sensación que invadió a Helen Keller de que su mente tenía una aptitud latente para asimilar el lenguaje y que lo único que necesitaba era que se le enseñase el camino para acceder a él. Esta idea esencialmente platónica es compatible, como ya hemos visto, con los conocimientos que nos han deparado las lesiones del cerebro acerca de la fisiología del neocórtex, y también con las conclusiones teóricas deducidas por Noam Chomsky, del Instituto Tecnológico de Massachusetts, de la lingüística comparada y de los experimentos de laboratorio sobre procesos de aprendizaje. En el lapso de estos últimos años, se ha puesto de relieve que también el cerebro de los primates está preparado aunque probablemente no en el mismo grado, para este acceso a la expresión de las ideas mediante el lenguaje.

Resulta muy difícil sobrestimar los efectos que puede tener a la larga la enseñanza del lenguaje a los restantes primates. En el *Origen del hombre*, de Charles Darwin, hallamos un pasaje interesantísimo que dice textualmente: «La diferencia entre el intelecto humano y el de los animales superiores, con ser grande, es básicamente de grado y no de especie ... Si pudiera demostrarse que determinadas funciones mentales de orden superior, como la formación de conceptos generales, la capacidad introspectiva, etcétera, son exclusivas del hombre, cosa que me parece muy dudosa, no es improbable que tales facultades se nos mostraran como simple resultado accesorio de otras cualidades intelectuales superiores que, a su vez, son en buena medida consecuencia del uso continuado de una lengua perfecta».

En el relato del Génesis sobre la Torre de Babel hallamos, también, un insólito reconocimiento de los extraordinarios poderes del lenguaje y de la intercomunicación entre los hombres. Recordemos que Dios, en lo que se nos antoja una extraña actitud de defensa inconcebible en un ser omnipotente, está preocupado ante la perspectiva de que los hombres erijan una torre que llegue hasta el cielo. (Desazón similar a la que expresa después de que Adán haya comido la manzana del árbol prohibido.) Para impedir —en sentido metafórico— que el hombre llegue al cielo, Dios no opta por destruir la torre, como hiciera, pongamos por caso, con la ciudad de Sodoma, sino que dice: «¡Mirad! Forman una sola comunidad puesto que usan una misma lengua; y esto es sólo el principio de lo que pretenden hacer. Nada les impedirá llevar a cabo cuanto se propongan. Venid, descendamos pues y confundamos su lengua, de modo que no se entiendan unos a otros» (Génesis: 11,6-7).

El uso continuado de una lengua «perfecta»... ¿Qué forma de cultura, qué clase de tradición oral podrían establecer los chimpancés tras centenares o millares de años de uso común! de un complejo lenguaje gestual? Y en el supuesto de que existiese esta comunidad aislada e ininterrumpida de chimpancés, ¿cómo interpretarían el origen del lenguaje? ¿Acaso los Gardner y los investigadores del Centro de Primates de Yerkes serían oscuramente recordados como legendarios héroes populares o dioses de otra especie? ¿Existirían mitos, como los de Prometeo, Thot u Oannes, sobre unas criaturas divinas que otorgaron a los simios el don de la lengua? A decir verdad, la instrucción de los chimpancés en el plano del lenguaje gestual posee claramente las mismas connotaciones emotivas y sentido religioso que la secuencia (totalmente ficticia) de la película y de la novela *2001, una Odisea del espacio*, en la que el representante de una avanzada civilización extraterrestre instruye en cierta manera a nuestros antecesores homínidos.

Pero quizá el aspecto más singular de la cuestión sea el hecho de que, aparte del hombre, haya primates tan próximos al entorno del lenguaje, tan afanosos por aprender, tan asombrosamente facultados en lo que toca a su empleo y tan imaginativos una vez han aprendido a expresarse. Sin embargo, esta apreciación suscita una interesante pregunta: ¿Por qué están en el entorno, en la periferia del lenguaje? ¿Por qué no encontramos primates, dejando de lado al hombre, que estén ya en posesión de un perfeccionado lenguaje gestual? En mi opinión, una posible respuesta sería la de que el hombre ha exterminado de manera sistemática a los demás primates que mostraban signos de inteligencia. (Hipótesis especialmente aplicable al caso de los primates que habitaban en el llano porque es de suponer que la selva ofrecería a gorilas y chimpancés relativa protección contra las depredaciones del hombre.) Es posible que hayamos actuado como instrumento de la selección natural suprimiendo toda competencia en el plano intelectual y que hayamos hecho retroceder los límites de la inteligencia y las facultades lingüísticas entre los primates distintos del hombre hasta el punto de que parezcan inexistentes. En consecuencia, enseñar a los chimpancés a expresarse por gestos equivale a intentar poner tardío remedio a los atropellos cometidos por nuestra especie.

## Relatos del oscuro paraíso

Viejísimos somos los hombres, nuestros sueños son relatos narrados en un Edén de mortecina luz.

WALTER DE LA MARE, «All That's Past»

—¡Vaya! —exclamó, al tiempo que avanzaba buscando la sombra de los árboles—. A fin de cuentas es un gran alivio con tanto calor como hace poder refugiarse en el..., en el... ¿En *quel* —prosiguió, un tanto aturrida al no venirle a la mente la palabra justa—. Quiero decir eso de poder refugiarse bajo el... bajo el, ¡bajo *esto*, córcholis! —y puso la mano sobre el tronco de un árbol—. Me gustaría saber cómo *se llama*. Pero, vamos a ver, ¿quién soy yo? *Tengo* que acordarme, ¡pues no faltaría más! ¡Estoy resuelta a que así sea! —Pero estar decidida no le sirvió de gran cosa y después de mucho darle vueltas sólo acertó a decir: —¡Una ele, *se* que empieza por ele!

LEWIS CARROLL,  
*Alicia a través del espejo*

No te interpongas entre el dragón y su furia.

W. SHAKESPEARE, *El rey Lear*

... Primeramente, siendo irracionales como las bestias, di a los hombres juicio, les proveí de una mente ... En un principio, teniendo ojos, veían defectuosamente y pudiendo oír, no prestaban oído, sino que se agolpaban como fantasmas en sueños, al indeciso relato de su pasado confuso.

ESQUILO, *Prometeo encadenado*

**P**rometeo está poseído de justa indignación. Después de haber llevado la civilización a una humanidad confusa y llena de supersticiones, Zeus le castiga encadenándole a una roca y haciendo que un águila le coma las entrañas. En el pasaje que sigue a la cita que encabeza esta página, Prometeo menciona las principales cosas que, a parte del fuego, ha enseñado al hombre. Son, por ese orden, la astronomía; las matemáticas; la escritura; la domesticación de animales; la invención de los carros, la navegación y la medicina, así como las artes adivinatorias mediante la interpretación de los sueños y otros métodos. Esta última enseñanza suena un tanto extraña a los oídos del hombre moderno. Junto con el relato del Génesis sobre la expulsión del paraíso, *Prometeo encadenado* parece erigirse en una de las obras capitales de la literatura de Occidente que contiene una alegoría plausible acerca de la evolución del hombre, si bien en lo que a este aspecto se refiere, se concentra más en el inspirador de la evolución que en el ser evolucionado. En griego Prometeo significa «previsión», cualidad que algunos piensan se halla localizada en los lóbulos frontales del neocórtex. Tanto la presciencia como la ansiedad están presentes en el retrato del personaje de Esquilo.

¿Qué conexión existe entre los sueños y la evolución del hombre? Esquilo quizá está diciendo que nuestros antepasados prehumanos vivían durante el día en un estado similar al de nuestro sueño nocturno y que una de las ventajas principales que comporta la expansión del intelecto humano es la facultad que nos confiere de interpretar la verdadera naturaleza e importancia de los sueños.

A lo que parece el ser humano conoce tres estados mentales de importancia: el estado de vigilia, de descanso y de ensoñación.

Durante cada uno de estos tres estados, el electroencefalógrafo, aparato que detecta las ondas cerebrales, registra cuadros de actividad eléctrica muy diferentes. Las ondas cerebrales representan pequeñísimas corrientes y voltajes producidos por el sistema de circuitos eléctricos del cerebro. La potencia media de las señales que emiten las ondas cerebrales se mide en microvoltios. Las frecuencias normales oscilan entre 1 y alrededor de 20 hertzios (o ciclos por segundo), es decir, son inferiores a la frecuencia normal de 60 ciclos por segundo que poseen las corrientes alternas de las tomas de enchufe en Norteamérica.

El electroencefalógrafo se debe a la inventiva del psicólogo alemán Hans Berger, quien al parecer trabajó en ello movido por su interés hacia los fenómenos telepáticos. El cerebro del ser humano emite determinadas ondas —por ejemplo, el ritmo alfa— que genera o suprime a voluntad, aunque para ello precisa un poco de entrenamiento. Una vez adiestrado, un sujeto conectado a un electroencefalógrafo y a un transmisor de radio podría, en principio, enviar mensajes bastante complejos en una especie de código Morse de las ondas alfa. Le bastaría simplemente con evocarlos mentalmente en debida forma. Podría ser que dicho método de transmisión tuviera aplicaciones prácticas, como, por ejemplo, la de permitir comunicarse con un paciente inmovilizado por una grave apoplejía. Por razones de tipo histórico, el sueño carente de ensoñaciones se caracteriza, desde el punto de vista del electro, como «sueño de onda lenta», y el estado de ensoñación como «sueño paradjico».

Pero veamos qué beneficios se derivan del sueño. Es indudable que si permanecemos en pie, despiertos, más tiempo de la cuenta, el cuerpo genera sustancias neuroquímicas que nos fuerzan al descanso. Los animales a los que no se permite dormir generan estas moléculas en su fluido cerebroespinal, fluido que al ser inyectado en otros animales completamente despiertos provoca somnolencia de inmediato. Así pues, forzosamente tiene que haber una poderosísima razón que justifique el sueño.

La respuesta convencional tanto de la fisiología como de la curandería, es que el sueño tiene un efecto reparador y que es una oportunidad que se concede al organismo para hacer limpieza física y mental sin los agobios de la vida cotidiana. Sin embargo, aparte de la aparente credibilidad que dimana del sentido común, las pruebas a favor de esta teoría son escasas. Además, hay en este aserto algunos aspectos contradictorios. Por ejemplo, mientras duerme, un animal es excepcionalmente vulnerable. Aceptemos que son muchos los animales que descansan en nidos, cuevas, oquedades en los troncos de árboles o cualesquiera otros recónditos y encubiertos escondrijos, pero aun así siguen estando en gran medida impotentes mientras duermen. Es evidéntísimo que por la noche somos muy vulnerables. Los griegos reconocieron a Morfeo y a Tanatos, dioses del sueño y de la muerte, como hermanos.

A menos que exista una manifiesta necesidad biológica del sueño, la selección natural habría cuidado de que aparecieran especies animales no necesitadas del reposo nocturno. En tanto que algunos animales como el perezoso de dos pies, el armadillo, la zarigüeya y el murciélago duermen diecinueve y veinte horas diarias, por lo menos en los periodos estacionales de torpor e hibernación, otros, como la musaraña común y la marsopa, duermen muy poco. También hay seres humanos que necesitan no más de tres o cuatro horas diarias de sueño. Trabajan en dos y tres empleos, por la noche se pasean o entretienen en fruslerías mientras la esposa duerme rendida de cansancio, y fuera de eso llevan una vida normal, activa y constructiva. Los antecedentes familiares indican que se trata de rasgos o disposiciones hereditarios. Sé de un caso en que el padre de familia y su hijita experimentaban el beneficio o contratiempo, según se mire, de la ausencia de sueño, con gran irritación por parte de la esposa, que ha terminado por divorciarse alegando lo que sin duda constituye una original incompatibilidad. A él le fue encomendada la custodia de la niña. Los ejemplos de este género vienen a demostrar que la hipótesis de la función regeneradora del sueño no es, en el mejor de los casos, suficientemente explicativa.

Y, sin embargo, el descanso a través del sueño se remonta a un pasado lejano. Contemplándolo desde el prisma electroencefalográfico, es patrimonio de todos los primates y de casi todos los demás mamíferos y aves; hasta puede que afecte a los reptiles. En determinados individuos, la estimulación eléctrica espontánea de la amígdala con frecuencia de pocos ciclos por segundo (equivalentes a un reducido número de hertzios) puede provocar epilepsia del lóbulo temporal y un estado de comportamiento automático inconsciente. Se han divulgado casos de ataques, no muy distintos del sueño, mientras un individuo epiléptico conducía su automóvil de madrugada o a la hora crepuscular y entre el conductor y el sol se interponía una cerca o vallado de estacas puntiagudas.

Gráficas características del electroencefalograma de un individuo normal en esta do de vigilia, dormido y soñando.

En efecto, a determinada velocidad, las estacas interceptan los rayos solares justo en la proporción crítica generadora de una oscilación luminosa en frecuencia resonante que desencadena dichos accesos. Se sabe positivamente que el ritmo circadiano —modificaciones rítmicas en las funciones fisiológicas que se producen con una periodicidad de veinticuatro horas— afecta incluso a especies tan insignificantes como los moluscos. Dado que, como veremos, mediante estimulación eléctrica de otras regiones límbicas en la base del lóbulo temporal, es posible inducir un estado que en algunos aspectos se asemeja al de ensoñación, parece obligado deducir que los centros que regulan el descanso nocturno y los sueños no pueden hallarse en puntos muy distantes de los recovecos cerebrales.

Últimamente se han obtenido indicios de que las dos clases de reposo nocturno, o sea, con sueños o sin ellos, dependen de la forma de vida propia de cada especie. Truett Allison y Domenic Cicchetti, de la Universidad de Yale, han señalado que desde un punto de vista estadístico es mucho más probable que sueñen los depredadores que no sus víctimas, las cuales tienen, a la inversa, muchas más probabilidades de dormir sin experimentar sueño alguno. Estos estudios se centran exclusivamente en los mamíferos y sólo son válidos cuando se trata de poner de manifiesto las diferencias entre especies, no entre individuos de una misma especie. El animal que duerme y sueña está poderosamente inmovilizado y, detalle significativo, no responde a los estímulos externos. El reposo sin sueños es mucho menos profundo; todos hemos podido comprobar cómo los gatos y perros enderezan las orejas y aguzan el oído al captar un ruido, cuando en apariencia están profundamente dormidos. Otra convicción generalizada es la de que si un perro dormido contrae las patas como si estuviera corriendo, está soñando en una cacería. El hecho de que hoy en día

las presas no lleguen a dormir con sueño profundo parece atribuible a la selección natural. Sin embargo, nada impide que organismos hoy constreñidos en buena parte a jugar el papel de presa tuvieran antepasados depredadores, y a la inversa. Además, por regla general los depredadores presentan una mayor masa cerebral, en términos absolutos, y una mayor razón de proporcionalidad entre dicha masa y su peso corporal que la que ofrecen sus presas. Habida cuenta de las incidencias evolutivas que ha experimentado el sueño, actualmente aceptamos sin vacilaciones la idea de que los animales inferiores duermen menos profundamente y están por ello más libres de movimientos que los de orden superior. Pero ¿por qué este sueño tan profundo? ¿Qué motivó la aparición de ese estado de profunda inmovilización?

Tal vez un indicio revelador de la función que primitivamente desempeñaba el sueño radica en el hecho de que los delfines y las ballenas, así como los mamíferos acuáticos en general, parece que duermen muy poco. Generalizando, cabe decir que en el océano no hay lugar donde esconderse. En tal caso, ¿no podría ser que el sueño, en vez de aumentar la vulnerabilidad del animal, la redujese? Wilse Webb, de la Universidad de Florida, y Ray Meddis, de la Universidad de Londres, así lo han afirmado. Las pautas que exhibe cada especie animal en lo que al sueño se refiere se acoplan maravillosamente al medio ecológico en el que se desenvuelve su vida. Así pues, resulta concebible que los animales demasiado obtusos para permanecer quietos por propia iniciativa se vean inmovilizados por el sueño durante los periodos en que les acechan graves riesgos. Esta consideración nos parece especialmente aplicable a las crías de los depredadores. Así, los cachorros de tigre, además de tener una coloración que los protege con suma eficacia, duermen también muchísimo.

Un nido con huevos de *Protoceratops*, del periodo cretáceo, hallado en la República Popular de Mongolia.

La idea ofrece interés y seguramente hay en ella parte de verdad, si bien no lo explica todo. ¿Qué necesidad tienen los leones de dormir si apenas cuentan con enemigos naturales? La pregunta no encierra una objeción demoleadora, pues quizá los leones evolucionaran a partir de otras especies que no tenían el mismo papel dominante que hoy les corresponde. Asimismo, los gorilas adolescentes, que tampoco tienen gran cosa que temer, se construyen todas las noches un cobijo en los árboles, tal vez porque sus antecesores eran más vulnerables. También entra en lo posible que los ascendientes de leones y gorilas temieran las acechanzas de depredadores más feroces que ellos mismos.

La hipótesis de la inmovilización parece singularmente válida cuando se toma en cuenta la evolución de los mamíferos, que aparecieron en un periodo en el que prevaletaban sibilantes, descomunales y terroríficos reptiles. Sin embargo, casi todos los reptiles son animales de sangre fría y, salvo en los trópicos, al caer la noche se ven constreñidos a una absoluta inmovilidad.

Robert Bakker, paleontólogo de la Universidad de Harvard, sugiere que por lo menos algunos dinosaurios eran notoriamente animales de sangre caliente. Aun así, es muy probable que no fueran tan insensibles como los mamíferos al cambio de la temperatura diurna y que por la noche redujeran sustancialmente el ritmo de actividad.

En cambio, los mamíferos, por ser de sangre caliente, se desenvuelven bien en la oscuridad nocturna. Es muy posible que durante el periodo triásico, hará cosa de doscientos millones de años, las oscuras zonas ecológicas no tropicales estuviesen prácticamente desocupadas. Harry Jerison ha manifestado que con la aparición de los mamíferos, el oído y el olfato —sentidos que permiten adivinar distancias y objetos durante la noche— se potenciaron hasta extremos que entonces parecían inauditos y que hoy se nos antojan normales. Por otra parte, Jerison considera que el sistema límbico fue fruto de la necesidad de procesar el rico acopio de datos suministrado por estos sentidos notablemente perfeccionados. (Buena parte del tratamiento de la información visual de los reptiles opera en la retina, no en el cerebro; el mecanismo de procesamiento óptico del neocórtex fue en gran parte un fenómeno evolutivo posterior.)

Es posible que los primeros mamíferos tuvieran vital necesidad de permanecer aletargados y ocultos durante el día, mientras los reptiles depredadores campaban a su antojo. Con ello trato de evocar una escena de la última etapa del mesozoico en el que los mamíferos dormían a intervalos durante el día y los reptiles hacían lo propio durante la noche, momento en que hasta los más inermes protomamíferos carnívoros podían suponer una amenaza real para los adormilados reptiles de sangre fría, y muy en especial para sus nidadas.

A juzgar por el volumen endocraneal (véase la figura de la página 44), los dinosaurios eran, comparados con los mamíferos, singularmente lerdos. Para tomar algunos ejemplos «bien conocidos» digamos que el *Tyrannosaurus rex* poseía un volumen cerebral de unos 200 cm<sup>3</sup>; el *Brachiosaurus*, 150 cm<sup>3</sup>; el *Triceratops*, 70 cm<sup>3</sup>; el *Diplodocus*, 50 cm<sup>3</sup>, y el *Stegosaurus*, 30 cm<sup>3</sup>. Ninguno de ellos se aproximaba a la masa cerebral absoluta del chimpancé. El *Stegosaurus* que pesaba dos toneladas, era probablemente mucho más obtuso que un conejo. Cuando uno piensa en el formidable peso de los dinosaurios, aún sorprende más la pequeñez de su cerebro. El *Tyrannosaurus* pesaba 8 toneladas; el *Diplodocus*, 12, y el *Brachiosaurus* 87. En este último, la proporción masa cerebral/peso del cuerpo era diez mil veces más pequeña que la del hombre. De la misma forma que los tiburones son los peces dotados de un cerebro más grande en relación con el peso del cuerpo, los dinosaurios carnívoros como el *Tyrannosaurus* tenían un cerebro proporcionalmente más grande que otros de tipo herbívoro, como el *Diplodocus* y el *Brachiosaurus*. No me cabe duda de que el *Tyrannosaurus* era una eficiente y terrorífica máquina de matar. Sin embargo, y a pesar de su pavorosa apariencia, los dinosaurios se nos antojan vulnerables ante adversarios pertinaces e inteligentes como los

primeros mamíferos.

Crías de *Protoceratops* saliendo del cascarón (reconstrucción).

La escena mesozoica que antes nos representábamos tiene curiosas resonancias de vampirismo: durante el día eran los reptiles carnívoros los que cazaban a los inteligentes y alertargados mamíferos, mientras que por la noche eran los mamíferos carnívoros los que hacían presa en los torpes y obtusos reptiles. Si bien éstos enterraban los huevos que depositaban sus hembras, no es probable que asumieran la defensa activa de las nidadas ni de las crías. Existen pocos ejemplos de este comportamiento, incluso entre los reptiles de nuestros días, por lo que resulta difícil imaginarse a un *Tyrannosaurus rex* incubando sus huevos.

Dibujo de un *Saurornithoides*, pequeño e inteligente dinosaurio, en el momento de atrapar a un mamífero. Se han encontrado vestigios de estos animales en Canadá y en la República Popular de Mongolia pertenecientes al periodo cretáceo.

Todo ello nos induce a suponer que los mamíferos ganaron la vital contienda de los vampiros; al menos algunos paleontólogos creen que la extinción de los dinosaurios se aceleró debido a las predaciones nocturnas de los primeros mamíferos en las que engullían los huevos de los reptiles. Dos huevos de gallina para desayunar puede ser todo lo que resta —al menos en apariencia— de esta remotísima cocina de los mamíferos.

De hecho, puede afirmarse casi con certeza que las aves son los principales descendientes vivos de los dinosaurios.

Atendiendo al criterio de la proporción entre masa cerebral y masa corpórea, los más inteligentes de los dinosaurios son los *Saurornithoides*, que por regla general poseen una masa cerebral de unos 50 gramos frente a los aproximadamente 50 kilogramos de peso corporal, proporción que los sitúa próximos al avestruz en el diagrama de la página 46. Ciertamente guardan un parecido con esta ave corredora. Sería muy revelador examinar los moldes endocraneales de sus fósiles. Probablemente se alimentaban de pequeños animales y utilizaban los cuatro dedos de sus apéndices, parecidos a las manos, para múltiples tareas. (Véase la ilustración de la página anterior.)

Resulta interesante especular sobre estos animales. En el supuesto de que los dinosaurios no se hubiesen extinguido misteriosamente hace alrededor de sesenta y cinco millones de años, ¿habría el *Saurornithoides* continuado su progreso hacia formas cada vez más inteligentes? ¿Habría aprendido a cazar en grupo a los grandes mamíferos impidiendo con ello la gran proliferación de esta clase animal que siguió al término de la era mesozoica? De no haber sido por la extinción de los dinosaurios, ¿serían las formas hoy dominantes en la Tierra descendientes de los *Saurornithoides*, autores y lectores de libros, entregados a reflexiones acerca del rumbo que habrían tomado las cosas si los mamíferos hubiesen ganado la batalla? ¿Pensarían las formas dominantes que la base aritmética 8 era lo normal y que la base 10 era un ringorrango exclusivo de la «nueva matemática»?

Una porción considerable de lo que consideramos sucesos importantes acaecidos durante las últimas decenas de millones de años de la historia de la Tierra parece estar supeditado a la extinción de los dinosaurios. Puede decirse que se han avanzado docenas de hipótesis científicas para explicar este hecho, que parece haberse producido con inusitada rapidez y eficacia, tanto en lo que respecta a las formas terrestres como a las acuáticas. Las explicaciones propuestas sólo parecen parcialmente satisfactorias, y van desde los cambios climáticos brutales hasta la extinción de una planta que por lo visto tenía propiedades laxantes, en cuyo caso los dinosaurios murieron víctimas de estreñimiento.

Una de las más interesantes y fundamentadas hipótesis, formulada por vez primera por I. S. Shklovskii, del Instituto de Investigación Cósmica de la Academia de Ciencias de Moscú, es la de que los dinosaurios murieron a causa de la explosión de una supernova próxima. El estallido de esta estrella moribunda, situada a unas decenas de años luz, ocasionaría un inmenso flujo de partículas cargadas con alta energía que penetró en nuestra atmósfera, alteró sus propiedades y tal vez destruyó la capa de ozono atmosférico, permitiendo la filtración de cantidades mortíferas de rayos ultravioleta. Es posible que los animales noctámbulos, como los mamíferos de aquella época, o los animales que vivían en el fondo de las aguas, como los peces, sobrevivieran a esta fantástica radiación de ultravioletas de gran potencial energético. Pero los animales que merodeaban a la luz del día y que vivían en la tierra o en la superficie de las aguas, sufrirían más que ningún otro las consecuencias de la dañina filtración. Esta catástrofe recibiría una denominación apropiada: el término en sí pasaría a significar «mala estrella».

Suponiendo que esta concatenación de hechos sea exacta, el flujo principal de la evolución biológica en el planeta Tierra durante los últimos sesenta y cinco millones de años, y, ni que decir tiene, la existencia misma del ser humano, es resultado de la extinción de un distante sol. Tal vez otros planetas giraban en su órbita y quizás uno de ellos conoció una rica eclosión de formas biológicas evolucionadas penosamente a lo largo de miles de millones de años. No cabe duda de que la explosión de la supernova hubiese extinguido todo vestigio de vida en este planeta y hasta, probablemente, diluido su atmósfera en el espacio. ¿Debemos nuestra existencia a una sobrecogedora catástrofe estelar que por otra parte, destruyó mundos y biosferas?

Reconstrucción de un paisaje del cretáceo en una región pantanosa del sector occidental de Canadá. La mayor parte de los dinosaurios representados en la ilustración son bípedos y herbívoros. Por lo que sabemos, todas estas formas se extinguieron al cabo de poco tiempo.

Después de la extinción de los dinosaurios, los mamíferos se desplazaron a zonas ecológicas con predominio de la luz diurna. Seguramente, el miedo que el primate tiene a la oscuridad es un hecho relativamente moderno. Washburn sostiene que las crías de los babuinos y otros primates jóvenes sólo albergan tres temores congénitos: el miedo a las caídas, a las serpientes y a la oscuridad, que corresponden respectivamente a los peligros, que suponían para los moradores de los árboles la gravitación newtoniana, los reptiles, adversarios perpetuos del hombre y, en fin, los mamíferos depredadores nocturnos, que debieron infundir considerable terror a los primates, guiados básicamente por el sentido de la vista. Si la hipótesis vampírica es cierta —y las probabilidades de que lo sea son muchas— la función del sueño está profundamente impresa en el cerebro de los mamíferos. Desde la época en que apareció esta clase de animales, el sueño fue un factor decisivo de cara a la supervivencia. Teniendo en cuenta que para los primeros mamíferos las noches insomnes hubieran entrañado más peligro para la supervivencia de sus grupos taxonómicos que las noches sin relación sexual, es indudable que el sueño constituyó un impulso más fuerte que el sexo, como parece ser el caso, también, en la mayoría de nosotros. Pero con el tiempo los mamíferos evolucionaron hasta el extremo de que el sueño se modificó a tenor de las nuevas circunstancias. Al extinguirse los dinosaurios, la luz diurna se convirtió súbitamente en un medio benévolo para los mamíferos. La inmovilización durante el día dejó de ser compulsiva, y lentamente fueron apareciendo diversidad de comportamientos respecto al sueño, incluida la actual correlación entre la intensa ensoñación de los mamíferos depredadores y el adormilamiento alerta y carente de sueños de las presas. Es posible, incluso, que las personas a las que bastan unas pocas horas de sueño sean los precursores de una nueva adaptación humana destinada a obtener el máximo partido de las veinticuatro horas del día. El autor, sinceramente, confiesa su envidia ante una adaptación de este género.

Estas conjeturas sobre los orígenes de los mamíferos constituyen una especie de mito científico. Quizás haya en ellas un atisbo de verdad, pero es poco probable que ofrezcan una explicación completa. La circunstancia de que los mitos científicos entronquen con mitos más antiguos puede ser o no una simple coincidencia. Es muy posible que seamos capaces de inventar mitos científicos sólo porque anteriormente hemos estado expuestos a la influencia de mitos de la otra especie. Con todo, no resisto a la tentación de relacionar esta versión del origen de los mamíferos con otro curioso aspecto del mito sobre la expulsión del Paraíso contenido en el Génesis. Porque, ni que decir tiene, es precisamente un reptil el que ofrece a Adán y Eva el fruto del conocimiento del bien y del mal, es decir, las funciones abstractas y morales localizadas en el neocórtex.

En la actualidad quedan en la Tierra poquísimas especies de reptiles de gran tamaño. La más curiosa es el dragón de Komodo, en Indonesia, reptil de sangre fría, no muy inteligente, pero un depredador de estremecedora pertinacia en la consecución de sus objetivos. Con suma paciencia acechará a un ciervo o a un verraco dormidos para, repentinamente, cercenarles un cuarto trasero y dejar que la víctima se desangre hasta morir. Rastrean la presa por el olor. El dragón que sale a la caza de presa avanza pesadamente, con pasitos cortos, la cabeza gacha y la lengua bífida cerca del suelo para detectar la presencia de sustancias químicas.

*Varanus komodoensis*, el dragón de Komodo (isla de Komodo, Indonesia).

Los adultos más corpulentos pesan unos 135 kilogramos, miden tres metros de largo y posiblemente viven más de cien años. Para proteger sus nidadas el dragón excava fosos de dos a nueve metros de profundidad, lo que probablemente constituye una defensa contra los mamíferos que se nutren de huevos de reptiles y contra ellos mismos, ya que se ha podido comprobar que en ocasiones los adultos acechan una nidada en espera de que las crías salgan del cascarón y poder engullir un apetitoso bocado. Las crías de los dragones moran en los árboles, lo que debe interpretarse como otra clara adaptación defensiva contra las incursiones de los depredadores. La singular meticulosidad de estas adaptaciones demuestra claramente que los dragones pasan por un trance difícil. El habitat del dragón de Komodo se reduce a las selvas de las pequeñas islas Sonda, y no quedan más que unos dos mil especímenes.

En 1891, E. Dubois halló en las islas de la Gran Sonda, y concretamente en Java, el primer fósil de *Homo erectus*, que presentaba un volumen endocraneal de casi 1.000 cm<sup>3</sup>.

La oscura reconditez de los lugares que habitan indica sin lugar a dudas que los dragones están en vía de extinción debido a la actividad predatora de los mamíferos, en especial del hombre, conclusión deducida de los avatares que su existencia ha conocido a lo largo de los dos últimos siglos. Todos los especímenes con formas de adaptación menos perfectas o que habitaban en lugares más accesibles se han extinguido, incluso he llegado a preguntarme si la sistemática diferenciación de mamíferos y reptiles (véase la figura de la página 44) atendiendo a la proporción entre masa cerebral y corporal no será una consecuencia de la acción exterminadora de los mamíferos depredadores, que han ido dando muerte a los especímenes de dragones más inteligentes. En todo caso, es muy probable que la nutrida población de grandes reptiles haya venido disminuyendo desde el término de la era mesozoica y que hace tan solo mil o dos mil años había muchos más reptiles de gran tamaño de los que hay en la actualidad.

Seguramente no es un hecho casual que las leyendas populares de muy diversas culturas contengan alusiones míticas a los dragones.



Curiosamente, el primer cráneo representativo del «hombre de Pekín» —el *Homo erectus*, cuyos restos guardan estrecha relación con el uso del fuego— fue descubierto por Weng Chung Peí a finales de 1929 en la provincia china de Sinkiang, en un lugar conocido como la Montaña de los Dragones.

La implacable hostilidad entre el hombre y el dragón, como demuestra la leyenda de san Jorge, es más acentuada en Occidente. (En el capítulo 3 del Génesis, Dios dispone que haya perpetua enemistad entre los reptiles y el hombre.) De todos modos, no se trata de una simple peculiaridad de nuestro hemisferio; antes bien, el fenómeno tiene carácter universal. ¿Es una mera coincidencia que los sonidos onomatopéyicos que el hombre emite para reclamar silencio o llamar la atención tengan extraño parecido con el silbido de los reptiles? ¿Puede pensarse que los dragones llegasen a constituir un gravísimo peligro para nuestros antecesores protohumanos de hace unos cuantos millones de años, y que el terror que suscitaban, junto con las muertes que causaban, impulsaran la evolución del intelecto humano? ¿O debemos considerar, quizá, que la alegoría de la serpiente constituye una referencia a la utilización del componente reptílico agresivo y ritualista de nuestro cerebro en la posterior evolución del neocórtex? Salvo una excepción, el relato del Génesis acerca de la serpiente que tienta al hombre en el jardín del Paraíso es el único caso expuesto en la Biblia en que el ser humano acierta a comprender el lenguaje de los animales. ¿No es posible que el temor a los dragones fuera en realidad temor a una parte de nosotros mismos? Sea como fuere, sin la menor duda en el Paraíso había dragones.

San Jorge dando muerte al dragón, obra de Donatello (iglesia de Or San Michele, Florencia).

El fósil de dinosaurio más moderno se remonta a unos sesenta millones de años. Los antecesores del hombre (no, sin embargo, el género *Homo*) vivieron hace unos diez millones de años. ¿Es con cebible que criaturas antropoides llegaran a coexistir con el *Tyrannosaurus rex*? ¿Es posible que hubiera dinosaurios que lograran escapar a la muerte a fines del periodo cretáceo? ¿Cabe pensar que los sueños pertinaces y el temor generalizado que sienten los niños hacia los «monstruos» tan pronto son capaces de hablar sean vestigios evolucionistas de respuestas sumamente adaptativas — al estilo de los babuinos— a la amenaza de los dragones y las aves nocturnas?

Después de haber escrito este pasaje descubrí que Darwin había expresado una idea similar. Decía concretamente: «¿No es lícito suponer que los vagos pero no por ello menos reales temores de los niños, que nada tienen que ver con la experiencia, sean resonancias heredadas de peligros reales y toscas supersticiones de la humanidad primitiva? Es bastante congruente con lo que sabemos acerca de la transmisión de rasgos antaño perfectamente desarrollados, que aparezcan en una fase temprana de la vida para luego desaparecer» Como las hendiduras branquiales del embrión humano, añado yo.

La tentación de Adán y Eva por una serpiente antropomorfa y su expulsión del Paraíso, obra de Miguel Ángel (frescos de la Capilla Sixtina).

¿Qué cometido cumplen los sueños en la actualidad? En una reputada publicación científica se expresó el criterio de que la función de los sueños es alertarnos de vez en cuando para comprobar que nadie nos acecha para devorarnos. Pero el caso es que los sueños ocupan una parte tan reducida del sueño normal, que esta explicación no parece muy satisfactoria. Por si fuera poco, hemos visto ya que los indicios apuntan precisamente en dirección contraria, o sea que en nuestros días son los mamíferos predadores y no sus presas los que sueñan con profusión. Consideramos mucho más verosímil la explicación que, basándose en los principios que rigen el funcionamiento de los computadores, estima que los sueños constituyen una «fuga» del procesamiento inconsciente de los sucesos de la jornada, un escape de la decisión que toma el cerebro sobre el número de eventos diarios, temporalmente almacenados en una especie de «memoria intermedia», que han de incorporarse a la memoria duradera. Muchas veces soñamos en cosas acaecidas el día anterior, y con menos frecuencia en los sucesos de dos días antes. De todos modos, no parece que el símil de la «fuga» y de la memoria intermedia baste para explicar satisfactoriamente el proceso, porque no explica en absoluto los tan característicos enmascaramientos del lenguaje simbólico de los sueños, tema que Freud fue el primero en plantear. Tampoco explica la carga emotiva de los sueños. Estoy seguro de que mucha gente se ha sentido infinitamente más atemorizada en sueños que en estado de vigilia.

Las funciones de evacuación y almacenamiento de datos acumulados en la memoria efímera que cumplen los sueños tienen algunas interesantes repercusiones de orden social. El psiquiatra norteamericano Ernest Hartmann, de la Universidad de Tufts, ha proporcionado pruebas un tanto anecdóticas pero razonablemente persuasivas de que los individuos que desarrollan actividades intelectuales durante el día, sobre todo si no están familiarizados con ellas, necesitan dormir más horas por la noche, en tanto que, por regla general, aquellos que realizan actividades básicamente repetitivas y tareas monótonas desde el punto de vista intelectual necesitan menos descanso nocturno. Sin embargo, las sociedades modernas, en parte por razones de orden organizativo, están estructuradas como si todos los hombres tuvieran las mismas necesidades de descanso, y en muchos países se interpreta como prueba de rectitud moral el hecho de levantarse temprano. La cantidad de horas de descanso requeridas para llevar a cabo la evacuación de datos dependería pues de cuánto hayamos reflexionado y experimentado desde el último periodo de sueño. (No existen indicios de que la causalidad opere en orden y dirección contrarios; que sepamos, los individuos que se drogan con

fenobarbital no llevan a cabo actividades intelectuales insólitas durante los periodos de vigilia entre una y otra toma.) A este respecto sería interesante estudiar el caso de los individuos insomnes para determinar si la fracción de tiempo de sueño durante la que padecen ensoñaciones es más dilatada que la de aquellos otros que necesitan dormir un número de horas normal, así como establecer si el tiempo de sueño y de ensoñación aumenta en función de la calidad y cantidad de sus experiencias de aprendizaje en estado de vigilia.

Michel Jouvet, neurólogo francés que profesa en la Universidad de Lyon, ha descubierto que el sueño acompañado de ensoñaciones se genera en el pons, que si bien está ubicado en el cerebro posterior, constituye un aporte evolutivo característico de los mamíferos y acaecido en una fase tardía. Por otra parte, Penfield ha descubierto que la estimulación eléctrica de la parte interna y zona subyacente del lóbulo temporal comprendida en los límites del neocórtex y del complejo límbico, puede llegar a producir en los epilépticos un estado consciente muy similar al de unos sueños despojados de sus aspectos simbólicos y fantásticos. También puede inducir la experiencia *deja vu*. Muchos de los sentimientos que acompañan a los sueños, incluido el temor, pueden ser provocados mediante una estimulación eléctrica de este género.

En cierta ocasión tuve un sueño que desde entonces no ha dejado de atormentarme. Soñé que estaba hojeando distraídamente un voluminoso texto de historia. Juzgando por las ilustraciones puedo asegurar que el libro analizaba con parsimonia y método, como suele ocurrir con este tipo de obras, el decurso de los siglos: época clásica, edad media, renacimiento y demás, acercándose de manera gradual a la era moderna. Pero, casi sin darme cuenta, allí estaba la segunda guerra mundial, a la que se destinaban alrededor de doscientas páginas. Con creciente interés me sumé en el texto hasta tener la completa seguridad de que había ido más allá de la época en que vivía. Era, en fin, un libro de historia que comprendía el futuro, como si al girar la página del calendario cósmico correspondiente al 31 de diciembre me encontrara ante una crónica detallada de los sucesos acaecidos el 1 de enero. Conteniendo la respiración traté —así literalmente— de leer el futuro. Pero todo fue en vano, pues sólo conseguía descifrar términos aislados. Ciertamente, pude discernir trozos o letras sueltas, pero sin conseguir jamás aglutinarlas en palabras ni las palabras en frases. Sufría de alexia.

Tal vez se trate de una simple metáfora sobre la imprevisibilidad del futuro, pero siempre que retorna el sueño, invariablemente, siento que soy incapaz de leer. Puedo reconocer, por ejemplo, una señal de tráfico con el stop por el color y la forma octogonal, pero no leer la palabra STOP, por más que sepa que está escrita allí. Asimismo, tengo la sensación de que comprendo el sentido de una página impresa, pero no porque haya leído palabra por palabra o frase por frase. En estado de ensoñación ni siquiera soy capaz de efectuar las más sencillas operaciones aritméticas con un mínimo de garantías. Por otra parte, cometo una buena gama de confusiones verbales sin aparente significado simbólico, como pueda ser el hecho de mezclar Schumann con Schubert. En suma, padezco un poco de afasia y estoy completamente aléxico. No toda la gente que conozco sufre este mismo deterioro cognoscitivo en estado de ensoñación, pero con frecuencia muchos individuos experimentan algún tipo de menoscabo. (Digamos de paso que los ciegos de nacimiento tienen sueños auditivos, no visuales.) Mientras uno sueña no puede decirse en modo alguno que el neocórtex permanezca inactivo, pero sí que parece sufrir importantes desajustes.

Seguramente tiene su importancia resaltar el hecho evidente de que tanto los mamíferos como las aves sueñan, pero no los reptiles, su antepasado común. Siempre que se ha producido un suceso evolutivo importante, superada la fase reptilica, se ha visto acompañado por el surgimiento de sueños, que tal vez constituyan una exigencia inherente a este cambio evolutivo. Las fluctuaciones eléctricas que se detectan en los sueños de las aves son episódicas y de corta duración. Cuando sueñan, lo hacen por espacio de un segundo, poco más o menos, en cada ocasión. Sin embargo, desde un punto de vista evolutivo, las aves guardan una más estrecha relación con los reptiles que los mamíferos. Si sólo dispusiéramos de pruebas concernientes a estos últimos, el argumento sería menos consistente, pero dado que ambos importantes grupos taxonómicos, evolucionados a partir de los reptiles, se ven competidos a soñar, debemos considerar con atención esta coincidencia. ¿Por qué un animal que ha evolucionado de un reptil se ve competido a soñar en tanto que otros animales no lo hacen? ¿Cabría explicarlo, quizás, por el hecho de que el cerebro reptiliano todavía subsiste y sigue funcionando?

En estado de ensoñación es muy raro que cortemos por lo sano y nos digamos: «Se trata sólo de un sueño». Por regla general le damos al sueño un barniz de realidad. Los sueños no se atienen a norma alguna de consistencia interna; son un mundo de magia y de ritual, de pasión y de rebeldía, pero muy raras veces de escepticismo y frío razonamiento. Acudiendo a la metáfora del cerebro trino, los sueños vendrían a ser hasta cierto punto una función del complejo R y de la corteza límbica, pero no de la parte racional del neocórtex.

Experimentos llevados a cabo demuestran que mientras transcurre la noche nuestros sueños se adentran más y más en el pasado, hasta el punto de utilizar ingredientes de nuestra infancia y niñez. Al propio tiempo, aumentan también los procesos primarios y el contenido emocional del sueño. Existe mayor probabilidad de que evoquemos sensaciones de nuestra infancia poco antes de despertarnos que no después de dormirnos. Parece realmente como si la integración de la experiencia de la jornada en nuestra memoria, la construcción de nuevas conexiones neurales, sea bien una tarea más fácil bien una labor más urgente. Conforme discurre la noche y se completa dicha función emergen los sueños con mayor carga afectiva, los recuerdos más extravagantes, el temor, la libidinosidad y otras emociones intensas que pueblan el mundo onírico. Avanzada la noche, cuando todo está en calma y han sobrevenido ya las ensoñaciones obligadas en torno al acontecer cotidiano, empiezan a revolverse las gacelas y los dragones de nuestra mente.

Uno de los medios más eficaces para el estudio de los estados de ensoñación corresponde a la iniciativa de William Dement, psiquiatra de la Universidad de Stanford, hombre mentalmente sano donde los haya, pero que ostenta un nombre chocante habida cuenta de su profesión. *Dement*, en inglés «loco», «demente». (*N. del t.*)

El estado de ensoñación va acompañado por rápidos movimientos conjugados de los ojos, los llamados REM (*rapid eye movements*), que es posible detectar mediante unos electrodos que se aplican suavemente a los párpados durante el sueño y, también, mediante una onda cerebral característica que se observa en el electroencefalograma. Dement ha descubierto que todo el mundo sueña numerosas veces al cabo de la noche. Al despertar, cuando el individuo se halla sumido en la bruma de este sueño que hemos dicho va acompañado de rápidos movimientos conjugados de los ojos, recuerda por lo general el contenido de su ensoñación. Ateniéndonos a las pautas del REM y del electroencefalograma se ha podido determinar que gran número de individuos que alegan no tener nunca ensoñaciones sueñan como el que más; la prueba está en que cuando se les despierta en el momento oportuno admiten con cierta sorpresa que han estado soñando. Durante el estado onírico el cerebro humano se halla en un estado fisiológico característico, y hay que decir que soñamos con bastante frecuencia. Aun cuando tal vez un 20 por 100 de los individuos despertados durante la fase de sueño REM no recuerdan sus fantasías nocturnas, y alrededor de un 10 por 100 despertados en otra fase distinta dicen haber estado soñando, nosotros, por razones de conveniencia, equipararemos el sueño en la fase REM y las consiguientes ondas cerebrales registradas en el electroencefalograma con el estado de ensoñación.

Existen indicios de que soñar es necesario. Cuando el hombre u otros mamíferos se ven privados del sueño REM (siendo despertados tan pronto aparecen los registros característicos del REM y del electro), aumenta el número de iniciaciones del estado de ensoñación por noche y, en los casos graves, las alucinaciones durante el día, esto es, sueños en estado de vigilia. He dicho ya que los registros de ensoñaciones por el REM y el electroencefalograma son breves en las aves y no aparecen en los reptiles. Al parecer, los sueños son básicamente una función de los mamíferos y, lo que es más, en el hombre el reposo nocturno acompañado de sueños es más intenso durante el periodo posnatal. Aristóteles afirmó con bastante contundencia que los lactantes no sueñan. Por el contrario, se ha comprobado que en muchos casos pasan soñando la mayor parte del tiempo. Los neonatos alumbrados dentro del plazo de gestación normal sueñan, por lo que toca al estado de ensoñación REM, durante más de la mitad del tiempo en que están dormidos. Los lactantes nacidos con unas pocas semanas de antelación sueñan durante las tres cuartas partes o más del tiempo total dedicado al sueño, y en la fase intrauterina, es muy probable que el feto esté soñando todo el tiempo. (Ciertamente, se ha observado que los gatitos acabados de nacer permanecen mientras duermen sumidos en la fase REM.) En tal caso, la recapitulación vendría a indicar que la ensoñación es, básicamente, una función propia de los mamíferos que se configuró en una etapa primeriza de la evolución.

Existe otra conexión entre la infancia y los sueños y es el hecho de que van seguidos de amnesia. Cuando salimos de uno u otro estado nos cuesta muchísimo recordar las escenas que hemos vivido. Yo diría que en los dos casos, el hemisferio izquierdo del neocórtex, que regula la rememoración analítica, ha funcionado falto de eficacia. Otra posible explicación sería que tanto en sueños como en los primeros meses de nuestra existencia padecemos una especie de amnesia traumática porque nos resulta demasiado doloroso recordar las experiencias. Sin embargo, olvidamos muchísimos sueños francamente agradables y, por otra parte, resulta difícil creer que la infancia sea *tan poco* placentera. Hay que decir también que algunos niños consiguen recordar hechos y sensaciones de las primeras etapas de sus vidas. No son muy raras las evocaciones de experiencias que se remontan al primer año de existencia, y seguramente incluso más tempranas. Cuando mi hijo Nicolás tenía tres años se le pidió que hablara del suceso o sensación más lejanos que pudiera recordar. Con tono sosegado y la mirada fija en un punto intermedio de la estancia respondió: «Recuerdo que era rojo y que hacía mucho frío». El chico había nacido tras serle practicada a la madre una cesárea. Aunque improbable, me pregunto si esta respuesta entraña una efectiva recordación del momento del parto. En cualquier caso, pienso que la explicación más probable a la amnesia que acompaña a los sueños, especialmente a los de infancia, deriva del hecho de que en dichos estados nuestra vida mental viene regida casi enteramente por el complejo R, el sistema límbico y el hemisferio cerebral derecho. Durante la primera infancia el neocórtex está insuficientemente desarrollado; en caso de amnesia, ha sufrido menoscabo.

Existe una sorprendente correlación entre las erecciones de pene o de clítoris y el sueño REM, incluso cuando las ensoñaciones no tengan un manifiesto contenido erótico. En los primates, como no, estas erecciones están relacionadas con el apetito sexual y también con la agresividad y el mantenimiento de las jerarquías sociales. Pienso que, cuando soñamos, una parte de nosotros participa en actividades bastante similares a las de los titís que tuve ocasión de ver en los sueños de los humanos; pueden oírse los resoplidos y sacudidas de los dragones y, también, el tonante aullido de los dinosaurios.

Una excelente demostración del crédito que puedan merecer las ideas científicas es su subsiguiente confirmación. Se postula una teoría sobre la base de ciertos indicios, y luego se lleva a cabo un experimento en relación con la misma cuyo resultado no puede conocerse con antelación por parte de quien lo ha propuesto. Si el experimento confirma la idea original, se considera que se trata de una teoría consistente y merecedora de apoyo. Freud estimó que buena parte, si no toda, la «energía psíquica» de las emociones afectas por los procesos primarios y los ingredientes que componen los sueños tienen originariamente una raíz sexual. El papel absolutamente esencial que desempeña la atracción sexual de cara a la propagación de las especies hace que esta idea no sea disparatada ni corrupta, como opinaban muchos de los bienpensantes y Victorianos contemporáneos de Freud. Por su parte, Carl Gustav Jung sostuvo que Freud había concedido desmesurada primacía al sexo en las cuestiones del inconsciente. Sin embargo, hoy, transcurridos tres cuartos de siglo, los experimentos de laboratorio efectuados por Dement y otros psicólogos han dado la razón a Freud. Creo que habría que ser un recalitrante puritano para negar la existencia de un nexo entre la erección del pene o del clítoris y el instinto sexual. De ello parece deducirse que sueños y sexualidad no están vinculados de manera fortuita o incidental, sino unidos por estrechos lazos, si bien no cabe negar que aquéllos guardan también concomitancia con los

componentes ritualistas, agresivos y jerárquicos de la conducta animal. Teniendo en cuenta la represión sexual que se daba en el siglo XIX en el seno de la sociedad vienesa, muchas de las percepciones de Freud nos parecen no sólo válidas, sino también valerosas y mantenidas a costa de mucho esfuerzo.

Se han llevado a cabo estudios estadísticos de las categorías más comunes de sueños, estudios que, por lo menos hasta cierto punto, deberían aclarar la naturaleza de los mismos. En el curso de una encuesta llevada a cabo entre estudiantes universitarios en torno al contenido de los sueños, el orden resultante, tomando como base las cinco temáticas más frecuentes, fue el siguiente: 1) caídas; 2) ataques o persecuciones; 3) repetidos y frustrados intentos de llevar a cabo una tarea o una empresa; 4) sueños relacionados de una manera u otra con los estudios; 5) experiencias sexuales diversas. El sueño reseñado con el número cuatro parece guardar relación específica, justificada por demás, con el grupo objeto del muestreo. En cuanto a los restantes, si bien forman parte de la experiencia vital de los estudiantes, por lo general se aplican también a muchas personas que no lo son.

El temor a las caídas guarda clara relación con nuestros orígenes arbóreos y sin duda es un temor que compartimos con el que sienten otros primates. En efecto, para el que vive en un árbol el modo más simple de morir es, sencillamente, olvidar el riesgo que corre de caerse. Por lo que toca a las otras tres categorías de sueños más corrientes, ofrecen especial interés, por cuanto corresponden a funciones agresivas, jerárquicas, ritualísticas y sexuales; en suma, todo lo que es dominio del complejo R. Otro dato significativo de la encuesta mencionada es que casi la mitad de los individuos interpelados dijeron haber soñado con serpientes, el único animal, aparte del hombre, que goza de categoría propia en la lista de los veinte tipos de sueños más comunes. Ciertamente, es posible que muchos sueños relacionados con ofidios puedan interpretarse sin más en función de las tesis freudianas. Sin embargo, dos tercios de los encuestados mencionaron de manera explícita que habían tenido sueños relacionados con la experiencia sexual. Habida cuenta de que, según Washburn, los primates no adultos muestran un miedo congénito a las serpientes, parece lógico preguntarse si el mundo de la ensoñación no proyecta directa e indirectamente, la antigua hostilidad entre reptiles y mamíferos.

Existe a mi modo de ver una hipótesis que casa con las verdades científicas que acabo de exponer, y es que la evolución del sistema límbico significó una manera radicalmente nueva de contemplar el mundo. La supervivencia de los primeros mamíferos dependía de su inteligencia, de peligros que sortearon durante el día y de la devoción hacia los especímenes más jóvenes. El mundo percibido a través del complejo R era un mundo muy distinto. En razón a la naturaleza acumulativa del proceso de cerebración, las funciones del complejo R podían ser utilizadas o desechadas en parte, pero no ignoradas. De esta manera, surgió un centro de inhibición localizado debajo de lo que en el hombre es el lóbulo temporal, con objeto de atenuar la acción del cerebro reptílico, al tiempo que en el pons aparecía un centro de activación cuya misión era impulsar el funcionamiento del complejo R, pero de una manera inocua, durante el sueño. Esta consideración tiene, por supuesto, notables puntos de semejanza con las tesis de Freud acerca de la represión del *ello* por parte del *superego* (o del inconsciente por parte de la conciencia moral), en las que el papel del *ello* se ponía claramente de manifiesto en fenómenos tales como los *lapsus linguae* la libre asociación de ideas, ensoñaciones, etc., es decir, en los intersticios de la represión ejercida por parte del *superego*.

Al producirse el notable desarrollo del neocórtex en los mamíferos superiores y en los primates, tuvo lugar una cierta participación neocortical en el estado onírico, y es que un lenguaje simbólico es, a fin de cuentas, eso, un lenguaje. (Esta circunstancia se relaciona con las diferentes funciones de los dos hemisferios del neocórtex que mencionaremos en el siguiente capítulo.) Pero la filigrana de los sueños contenía elementos sexuales, agresivos, jerárquicos y ritualistas significativos. Los ingredientes fantásticos que pueblan el mundo de los sueños tal vez tengan que ver con la casi total ausencia de estimulación sensorial directa durante las ensoñaciones. En el estado onírico apenas si existe un análisis de la realidad. Desde este ángulo, la frecuencia de sueños en los niños se explicaría por el hecho de que durante la infancia la parte analítica del neocórtex no tiene intervención apreciable. La carencia de ensoñaciones en los reptiles se explicaría por la ausencia de represión del estado de ensoñación. Para expresarlo de la misma forma con que Esquirol describió a nuestros antecesores, diremos que los reptiles «sueñan» despiertos. Creo que esta idea sirve para explicar la peculiaridad —por contraste con la conciencia verbal que exhibimos en estado de vigilia— del estado de ensoñación; su localización en los mamíferos y, preferentemente, en el ser humano durante el periodo subsiguiente al parto; su fisiología, y su penetración en el hombre.

El hombre desciende de los reptiles y de los mamíferos. Es muy probable que al reprimir durante el día la acción del complejo R y al liberar por la noche los dragones de nuestra ensoñación estemos reviviendo los cien millones de años de lucha en que reptiles y mamíferos se enfrentaron, con la salvedad de que se ha invertido el momento del día en que tiene lugar la vampírica caza. Con todo, hay en la conducta del ser humano suficientes rasgos reptílicos. Si liberásemos por completo los aspectos reptílicos de nuestra naturaleza, disminuiría considerablemente nuestra capacidad de supervivencia. Puesto que el complejo R se halla muy profundamente engarzado en la fábrica del cerebro, no cabe soslayar por mucho tiempo y de forma absoluta sus funciones. Quizá el estado de ensoñación permite, en *nuestra* fantasía y en *su* realidad, que el complejo R funcione regularmente, como si todavía controlase la situación.

En el supuesto de que esto sea verdad, me pregunto con Esquirol si el estado de vigilia de otros mamíferos se asemeja mucho al estado de ensoñación de los humanos, donde podemos reconocer *signos*, como el contacto con el agua de un arroyuelo o el olor de la madreselva, al tiempo que un limitadísimo repertorio de *símbolos*, tales como las palabras; un estado en el que hallamos vividas imágenes sensoriales y emocionales y un conocimiento intuitivo operante, pero un mínimo de análisis racional; un estado en el que somos incapaces de llevar a cabo tareas que exijan una profunda concentración y en el que experimentamos frecuentes lapsus de atención, numerosos intervalos neutros y, por encima de todo, un endeble sentido de nuestra individualidad o de nuestro yo que da paso a un intenso fatalismo, a

una sensación de imprevisible zarandeo por parte de acontecimientos sobre los que no ejercemos control alguno. Si este es nuestro punto de origen ciertamente hemos recorrido un largo trecho.

## Amantes y locos

Amantes y locos tienen la mente tan arrebatada, tan poblada de fantasías, que perciben más de lo que la pura razón es capaz de aprehender. El orate, el que pena de amor y el poeta destilan imaginación ...

W. SHAKESPEARE, *El sueño de una noche de verano*

Los *simples* poetas tienen la mente tan embotada como la de un sujeto ebrio, sumida siempre en la bruma, incapaces de ver o de juzgar las cosas con claridad. Para ser un eximio y cabal poeta todo hombre necesitaría estar versado en varias ciencias, poseer una mente lógica, analítica y, en cierta medida, matemática ...

JOHN DRYDEN, *Notas y observaciones sobre la emperatriz de Marruecos, 1674*

Los sabuesos tienen fama de ser formidables rastreadores. Se les deja olfatear una «pista» —un trozo de ropa perteneciente al sujeto buscado, sea un niño perdido o un recluso fugado de la cárcel— y luego, ladrando, toman alegre y decididamente la senda que corresponde. Los perros y muchos otros animales de caza tienen esta aptitud natural extraordinariamente desarrollada. El rastro propiamente dicho contiene una huella olfativa, un olor. Éste no es más que la percepción de una determinada molécula, en el caso que nos ocupa una molécula orgánica. Para poder seguir un rastro, el sabueso debe percibir la diferencia de olor —olor contenido, como hemos dicho, en una determinada molécula del organismo— entre el sujeto objeto de búsqueda y un vastísimo y activo trasfondo de otras moléculas, algunas pertenecientes a otros individuos que han seguido idéntica senda (a los que hay que sumar los componentes de la propia expedición de rastreo) y otras de diversos animales (entre los que debe incluirse el propio sabueso). El número de moléculas que desprende un hombre que camina es relativamente pequeño, lo que no impide que incluso cuando el rastro se ha «enfriado» —como es el caso cuando han transcurrido varias horas desde la desaparición del sujeto buscado— el sabueso pueda seguir la pista sin dificultad.

Esta formidable aptitud de ciertos canes implica una detección olfativa extremadamente sensible, función que, como vimos con anterioridad, también los insectos llevan a cabo con notable eficacia. Pero lo que más asombra en el perro sabueso, y lo que al mismo tiempo le confiere peculiaridad frente al insecto, es la amplitud de su gama olfativa, su aptitud para identificar un olor entre muchos, cada uno de ellos sumido en un mar de múltiples aromas. El sabueso lleva a efecto una compleja catalogación de la estructura molecular; selecciona la molécula de que se trata entre un riquísimo muestrario molecular previamente olfateado, y, lo que es más, apenas necesita un minuto para registrar el olor en cuestión, que luego recordará por un largo periodo de tiempo.

Al parecer, la identificación olfativa de cada molécula la llevan a cabo unos receptores nasales sensibles a determinados grupos funcionales, o partes, de moléculas orgánicas. Un receptor puede ser sensible al COOH, otro al NH<sub>2</sub>, etcétera. (C es el símbolo del carbono, H del hidrógeno, O del oxígeno y N del nitrógeno.) Según parece, las diferentes cadenas secundarias y elementos accesorios de las moléculas compuestas se adhieren a diferentes receptores moleculares de la mucosa nasal, y los detectores correspondientes a todos los grupos funcionales se combinan para conformar una especie de imagen olfativa global de la molécula. Se trata de un mecanismo sensorial en extremo perfeccionado. A este respecto, cabe decir que el más avanzado dispositivo de esta especie concebido por el hombre, o sea el cromatógrafo de gases/espectrógrafo de masas, carece, por regla general, de la sensibilidad y la capacidad selectiva del sabueso, por más que se hayan dado notables avances en este campo tecnológico. El sistema olfativo de los animales ha llegado a su actual grado de perfeccionamiento merced a una serie de exigencias del proceso de selección. La rápida detección de un espécimen del mismo grupo, de un depredador o de una presa es cuestión de vida o muerte para la especie. El sentido del olfato emerge en una fase temprana y, ciertamente, es muy posible que buena parte de la evolución primigenia por encima del nivel del armazón neural se viera espoleada por las demandas del proceso selectivo con objeto de facilitar la detección molecular a que hemos aludido. Así, los característicos bulbos olfativos del cerebro (véase la figura de la página 56) se cuentan entre los primeros componentes del neocórtex que registra la historia de la vida del planeta. Herrick, con buen criterio, llamó al sistema límbico «rinencéfalo» o cerebro olfativo.

El sentido del olfato no está, ni con mucho, tan desarrollado en los hombres como en los sabuesos. A pesar de nuestra masa cerebral, poseemos unos bulbos olfativos más pequeños que los de muchos animales. Por otra parte, es obvio que el olfato desempeña un papel de poco relieve en nuestra vida cotidiana. Un individuo corriente sólo alcanza a distinguir una menguada gama de olores. Pese al reducido número de olores que forman el repertorio olfativo del hombre, nuestras descripciones verbales y conocimiento analítico del olfato son en extremo pobres. Nuestra respuesta ante un olor determinado poco tiene que ver, a tenor de nuestra propia percepción, con la estructura tridimensional de la molécula causante de dicho olor. La olfacción es una compleja labor cognoscitiva que nos es dado realizar, dentro de unos límites, con notable precisión, pero que en el mejor de los casos no acertamos a describir más que muy

someramente y de forma insuficiente. Y pienso que si el perro sabueso pudiera hablar, pasaría por el mismo apurado trance que nosotros para describir los detalles de una tarea que lleva a cabo con suma perfección.

De la misma manera que los perros y muchos otros animales se valen primordialmente del olfato para penetrar en su entorno físico, en el hombre es la vista el conducto básico por el que nos llega la información del exterior. La sensibilidad y capacidad diferenciadora del ojo humano son por lo menos tan asombrosas como las facultades olfativas de los lebreles. Podemos, por ejemplo, distinguir una cara de otra. Las personas observadoras son capaces de diferenciar decenas, centenares y hasta miles de rostros. Por ejemplo, el *identikit*, muy utilizado por la Interpol y la policía de muchos países de Occidente, es capaz de reconstruir más de diez mil millones de rostros distintos. El valor de esta aptitud de cara a la supervivencia es evidente, en especial referida a nuestros antecesores. Pero pensemos por un instante cuan difícil nos resulta proceder a la descripción verbal de unas caras que reconoceríamos sin dificultad. Por lo común, los testigos procesales suelen ofrecer pésimas descripciones de un individuo al que vieron o conocieron fugazmente; en cambio, cuando se lo ponen delante, lo identifican con singular facilidad. El hecho es que, a pesar de los errores de identificación que sin duda se han dado, los tribunales aceptan de mil amores el testimonio de una persona adulta acerca de los rasgos físicos de un sujeto dado. Para comprobar esta facilidad innata basta pensar en la presteza con que reconocemos a una «celebridad» entre un tropel de gente, o en la manera en que salta a la vista nuestro nombre cuando aparece reseñado en una nutrida lista no ordenada por orden alfabético.

El hombre y otros animales poseen notables facultades cognitivas y un elevado índice de percepción de datos que, sencillamente, superan la conciencia verbal y analítica que tantos de nosotros consideramos como el único patrimonio digno de ser tenido en cuenta. A menudo se alude a esta clase de conocimiento integrado por nuestras percepciones y cogniciones no verbales con el término de «intuitivo», que no es lo mismo que «innato», pues nadie nace con un repertorio de rostros impreso en el cerebro. En mi opinión, dicho vocablo refleja una ambigua irritación ante la incapacidad de comprender de qué forma accedemos a este conocimiento. Pero lo cierto es que la historia del conocimiento intuitivo es sumamente dilatada, y si tomamos en cuenta la información contenida en el material genético, se remonta nada menos que al origen de la vida. El otro modo de conocimiento de que disponemos, y que con tan malos ojos contempla en Occidente la existencia del conocimiento intuitivo, es una adición evolutiva muy moderna. El discurso racional que formulamos sólo de palabra (y que entraña, por ejemplo, el uso de oraciones completas) no tiene probablemente más que unas decenas o centenares de miles de años. Muchas personas son, en su vida consciente, casi completamente racionales, y otras muchas casi del todo intuitivas. Unos y otros se denostan sin reparar apenas en el valor recíproco de ambas clases de conocimiento.

Vista esquematizada de la parte superior del cerebro humano con los dos hemisferios separados por neurocirujanos en un logrado intento de dominar los ataques epilépticos. Por lo general, la separación se lleva a efecto seccionando el cuerpo calloso. A veces también se procede al seccionamiento de las conexiones secundarias entre ambos hemisferios, es decir, de la comisura anterior y de la comisura del hipocampo.

Calificativos como «embrollado» o «amoral» constituyen, tal vez, las más ponderadas y corteses de tales recriminaciones. ¿Por qué dos modos de pensamiento precisos y complementarios tienen tan pocas concomitancias entre sí?

Los primeros indicios de que ambos se hallan localizados en la corteza cerebral nos vienen dados por el estudio de las lesiones cerebrales a consecuencia de heridas o golpes fortísimos en los lóbulos temporal y parietal del hemisferio izquierdo del neocórtex. La víctima suele tener dificultades para leer, escribir, hablar y realizar operaciones aritméticas. Las mismas o parecidas lesiones en el hemisferio derecho mermarían la visión tridimensional, el reconocimiento de formas y contornos, las facultades musicales, el razonamiento holístico.

Aquel que subraya la relación orgánica y funcional de las partes con el todo. *(N. del t.)*

La identificación facial reside básicamente en el hemisferio derecho, y quienes afirman «jamás olvido una cara» realizan un reconocimiento de configuración sobre el lado derecho. En la práctica, las lesiones del lóbulo parietal derecho en ciertos casos incapacitan al paciente para reconocer su propia imagen en el espejo o en una fotografía. Estas observaciones indican de forma inequívoca, o poco menos, que las funciones que llamamos «racionales» se localizan principalmente en el hemisferio izquierdo, y las que consideramos «intuitivas» en el derecho.

Los últimos y más significativos experimentos llevados a cabo en este contexto son obra de Roger Sperry y su equipo de colaboradores del Instituto Tecnológico de California. De cara al tratamiento de los casos agudos de epilepsia *gran mal*, en la que el paciente sufre ataques prácticamente ininterrumpidos (tanto como dos por hora), procedieron al seccionamiento del cuerpo calloso, el principal haz de fibras nerviosas que comunican los hemisferios derecho e izquierdo del neocórtex (véase figura en página anterior). La operación quirúrgica se llevó a cabo con la intención de evitar que lo que podríamos llamar la «tormenta neuroeléctrica» de un hemisferio se propagara, lejos del foco inicial, al otro. Los neurocirujanos confiaban en que después de la operación los ataques no afectarían más que a un hemisferio. Pero el desenlace, inesperado y positivo, fue un muy acentuado descenso tanto de la frecuencia como de la intensidad de los accesos en ambos hemisferios, como si previamente, por decirlo en términos de informática, se hubiera dado una *realimentación positiva* a tenor de la cual la actividad eléctrica de la crisis epiléptica en cada

hemisferio estimulara al otro por conducto del cuerpo calloso.

En apariencia, después de la intervención quirúrgica los pacientes con un «cerebro partido» se comportan con absoluta normalidad. Algunos aseguran que han cesado de todas las vividas ensoñaciones que experimentaban antes de la operación. El primero de este grupo de enfermos estuvo un mes sin poder hablar después de la operación; pero la afasia que padecía terminó por desaparecer. La conducta y aspectos normales de los pacientes con un «cerebro partido» constituyen en sí una demostración de que el cuerpo calloso actúa de manera imperceptible. Teniendo en cuenta que nos estamos refiriendo a un haz de doscientos millones de fibras neurales que procesan nada menos que varios miles de millones de bits por segundo entre los dos hemisferios cerebrales, y que contiene alrededor del 2 por 100 de las neuronas del neocórtex, ¿debemos creer que al seccionar el cuerpo calloso el individuo sigue tan campante? Obviamente, deberían producirse alteraciones importantes, cambios que es preciso analizar con más detenimiento de lo normal.

Cuando examinamos un objeto situado a nuestra derecha, ambos ojos miran hacia lo que se denomina el campo visual derecho, y si hacemos lo propio con los objetos a nuestra izquierda, acotamos con la vista el campo visual izquierdo. Sin embargo, y debido al tipo de conexión existente entre los nervios ópticos, el campo visual derecho es procesado en el hemisferio izquierdo, y el campo visual izquierdo en el hemisferio derecho. Asimismo, el hemisferio izquierdo procesa buena parte de los sonidos que capta el oído derecho, y a la inversa, aun cuando parte de la información auditiva es tratada en el mismo lado de recepción, o sea, sonidos que, por ejemplo, capta el oído izquierdo y que son procesados en el hemisferio izquierdo. El sentido del olfato, surgido en una fase evolutiva anterior, no presenta este entrecruzamiento funcional; así, el olor que detecta la fosa nasal izquierda es procesado en su totalidad por el hemisferio correspondiente. En cambio, la información entre el cerebro y los miembros *es* de tipo cruzado. Los objetos que palpa la mano izquierda se perciben básicamente en el hemisferio derecho, y las instrucciones a la mano derecha para que escriba determinada frase se procesan en el hemisferio izquierdo.

Sperry y su equipo de colaboradores han llevado a cabo una serie de brillantes experimentos consistentes en la estimulación por separado de los hemisferios derecho e izquierdo en pacientes que han sufrido el seccionamiento del cuerpo calloso. Uno de los experimentos tipo consiste en proyectar en una pantalla la palabra *hatband* (cinta del sombrero), de forma que *hat* se halle en el campo visual izquierdo y *band* en el derecho. El paciente manifiesta que ha visto escrita la palabra *band*, siendo evidente que, por lo menos en función de su capacidad para expresarse verbalmente, no tiene idea de que el hemisferio derecho ha recibido la impresión visual del término *hat*. Cuando se le pidió que especificase de qué *band* (cinta, banda) se trataba, el paciente conjeturó que podía tratarse de una *outlaw band* (banda de forajidos), de una *rubber band* (liga elástica o cinta de goma) o de una *jazz band* (banda de jazz). Pero si en el curso de un experimento comparable se pide al enfermo que escriba con la mano izquierda oculta en el interior de una caja la palabra que ha visto en la pantalla, traza sobre el papel la palabra *hat*. Por el movimiento de la mano el paciente sabe que ha escrito algo, pero como no puede leerlo, la información no llega al hemisferio izquierdo, que es el que regula la facultad del habla. Así, curiosamente, puede escribir la respuesta, pero no darla de viva voz.

Muchos otros experimentos arrojan resultados similares. En uno de ellos el paciente puede palpar con la mano izquierda unas letras sueltas de material plástico ocultas a la vista. Dichas letras sólo permiten construir correctamente una palabra inglesa, como *love* o *cup*, que el paciente compone sin dificultad. El hemisferio derecho posee escasa capacidad verbal, más o menos la misma que en sueños. Así, el paciente, tras haber compuesto correctamente la palabra de referencia, no consigue indicar de palabra cuál es el término que ha formado. De ello parece deducirse que, en los pacientes de «cerebro partido», cada hemisferio ignora por completo la información que el otro obtiene por separado.

La inoperancia del hemisferio izquierdo en el plano de la representación geométrica es realmente asombrosa, como muestra claramente la ilustración de la página 171. Un paciente del tipo mencionado y que escribía con la derecha, sólo pudo trazar correctamente unas sencillas figuras geométricas utilizando la izquierda, o sea la mano inexperimentada. Parece que en el ámbito de la representación espacial o geométrica el hemisferio derecho solamente prevalece sobre el izquierdo en las tareas de tipo manual, dominio que desaparece cuando se trata de funciones geométricas que no requieren una coordinación entre mano, ojos y cerebro. Estas actividades manipulativas en el plano geométrico parecen localizarse en el lóbulo parietal del hemisferio derecho, en una región que, trasladada al hemisferio izquierdo, regula el uso del lenguaje. M. S. Gazzaniga, de la Universidad Estatal de Stony Brook (Nueva York) sugiere que esta especialización hemisférica acaece porque el lenguaje se desarrolla en el hemisferio izquierdo antes de que el niño adquiera suficiente pericia en las tareas manipulativas y en la visualización geométrica. Según este punto de vista, la especialización del hemisferio derecho en cuanto a competencia geométrica constituye una especialización por omisión, es decir, que la competencia del hemisferio izquierdo ha sido encauzada o desviada hacia el lenguaje.



Representación esquemática, según Sperry, de la proyección del mundo exterior en los dos hemisferios del neocórtex. Los campos visuales derecho e izquierdo se proyectan, respectivamente, en los lóbulos occipitales izquierdo y derecho. La regulación del lado derecho y del lado izquierdo del cuerpo es también de tipo cruzado, como lo es en buena parte el oído. Los olores se dirigen a los hemisferios del mismo lado, al igual que la fosa nasal que vehicula la olfacción.

El sujeto sólo lee y da cuenta verbalmente de la palabra proyectada en su campo visual derecho. No se da ningún tipo de asociación, ni siquiera inconsciente, entre las palabras de los campos visuales derecho e izquierdo. (Según Sperry.)

Un paciente al que le ha sido seccionado el cuerpo calloso escribe correctamente —mejor con trazo normal que con letra de palo—, utilizando la mano oculta, una palabra proyectada a su campo visual izquierdo. Pero al ser interpelado para que diga lo que ha escrito con la mano izquierda, da una respuesta totalmente incorrecta (*cup*). (Según Nebes y Sperry.)

Según se dice, poco después de que Sperry llevase a término uno de sus más convincentes experimentos, ofreció una fiesta en su casa a la que fue invitado un reputado físico teórico con el cuerpo calloso intacto. El científico, hombre notorio por su sentido del humor, permaneció todo el tiempo escuchando atenta y calladamente las explicaciones de Sperry sobre los hallazgos obtenidos a raíz de los experimentos con los pacientes a que nos hemos referido. Al término de la velada los invitados empezaron a desfilarse, y Sperry se situó junto a la puerta para despedir al último grupo. El físico tendió la mano derecha a Sperry y le dijo que había pasado una velada deliciosa. Luego, efectuando una especie de paso de baile, intercambió la posición de ambos pies, extendió la mano izquierda hacia el anfitrión y apostilló con voz reprimida y estridente: «Y también quiero que sepa que he estado aterrorizado por unas horas».

Cuando se dificulta la comunicación entre los dos hemisferios cerebrales, el propio paciente suele no hallar explicación a su proceder, evidenciándose aquello de que incluso si el sujeto «habla con propiedad» puede muy bien ignorar «la sustancia del tema de que trata». (Compárese esta afirmación con la cita de *Fedro* transcrita en la página 13.) La relativa independencia de actuación de los dos hemisferios se manifiesta en la vida cotidiana. Hemos hablado ya de la dificultad que entraña la descripción verbal de las complejas percepciones del hemisferio derecho. Al parecer, muchas actividades físicas complejas, como puede ser la práctica de un deporte, cuentan con una participación proporcionalmente exigua del hemisferio izquierdo. Por ejemplo, en el tenis, un buen «truco» para desbaratar el juego del contrario consiste en preguntarle en qué parte del mango de la raqueta coloca el pulgar. A menudo, la atención que el hemisferio izquierdo presta a dicha pregunta, aunque sea por un corto periodo de tiempo, consigue el objetivo buscado. Buena parte de las facultades musicales se regulan en el hemisferio derecho. Es de sobras conocido que hay individuos capaces de aprender de memoria una canción o una melodía musical sin tener idea alguna de cómo transcribirlas al papel pautado. Aplicando el caso al piano, podríamos aludir a este fenómeno diciendo que nuestros dedos (no nosotros) han «aprendido de memoria» la melodía en cuestión.

Incapacidad relativa del hemisferio izquierdo para reproducir figuras geométricas. (Según Gazzaniga.)

A veces esta memorización reviste gran complejidad. No hace mucho tuve el placer de asistir al ensayo de un concierto para piano aún no estrenado, interpretado por una importante orquesta sinfónica. En este tipo de ensayos, el director no suele tomar la partitura desde el primer compás para proceder luego hasta el final de la composición, sino que, tanto por la pérdida de tiempo de ensayo que ello supondría como por la competencia profesional de los profesores de la orquesta, se concentra en los pasajes más difíciles. Una de las cosas que más me impresionó fue no sólo que la solista se supiese de memoria toda la partitura, sino que además pudiese tocar a partir del compás que se le indicara con sólo echar un rápido vistazo a la partitura. Esta envidiable retentiva es función conjunta de los dos hemisferios cerebrales. Es sumamente difícil memorizar una pieza musical nunca escuchada hasta el punto de poder acometer su ejecución a partir de un fragmento cual quiera de la composición. Para decirlo con la jerga utilizada en informática, la pianista tenía acceso aleatorio —como contrapuesto al secuencial— a la partitura musical.

Este ejemplo es ilustrativo de la cooperación entre uno y otro hemisferio en buen número de las más complejas y trascendentes actividades humanas. Es muy importante no exagerar la separación de funciones que corresponden a cada uno de los hemisferios contiguos al cuerpo calloso en un hombre normal. Es conveniente reiterar que la existencia de un haz de conexiones o fibras nerviosas tan complejo supone que la interacción de los dos hemisferios es una función de vital importancia en el hombre.

Además del cuerpo calloso existe entre ambos hemisferios una conexión llamada comisura anterior, mucho más pequeña que aquél (véase la figura de la página 163) y que a diferencia de este último se halla también en el cerebro de los peces. En los casos de pacientes a los que se ha seccionado el cuerpo calloso, respetando en cambio la comisura anterior, la información olfativa se transfiere siempre de un hemisferio al otro. Al parecer, ocasionalmente se produce un trasvase de cierta clase de información visual y auditiva a través de la comisura anterior, pero de forma imprevisible en cada paciente. Los hallazgos derivados de tales experimentos están en sincronía con la anatomía y la evolución; la comisura anterior (y también la comisura del hipocampo [véase la figura de la página 163]) ocupa una zona más interior que el cuerpo calloso y transfiere información a la corteza límbica y, quizá, a otros componentes más primitivos del cerebro.

En el hombre se da una interesante disociación entre las facultades musicales y las facultades de expresión oral. Los enfermos que padecen lesiones del lóbulo temporal derecho, o que han sufrido hemisferioctomías del lado derecho,

tienen muy limitadas sus facultades musicales, pero no así su capacidad verbal, sobre todo cuando se trata de identificar y recordar melodías. De todos modos, su dolencia no les impide leer una partitura, lo cual es perfectamente congruente con la separación de funciones antes señalada. La memorización y captación de la música presupone el reconocimiento de ciertas configuraciones auditivas y una disposición de tipo holístico más que analítico. Existen indicios de que la poesía es, en parte, una función del hemisferio derecho. Se han dado casos en que el paciente ha empezado a escribir poemas por vez primera a raíz de la afasia provocada por una lesión del hemisferio cerebral izquierdo. Pero, a buen seguro, ello no pasaría de ser, en palabras de Dryden, más que «mera poesía». Por otro lado, parece que el hemisferio derecho es incapaz de componer rimas.

La separación ó lateralización de la función cortical fue un hallazgo que siguió a una serie de experimentos con pacientes que padecían lesiones cerebrales. Sin embargo, es importante demostrar que las conclusiones derivadas de estos casos también son aplicables a las personas normales. Gazzaniga ha llevado a cabo experimentos con individuos que no padecen lesiones cerebrales, a los que se proyecta una palabra, la mitad en el campo visual derecho y la otra mitad en el izquierdo, como en el caso de los pacientes con el cerebro «partido», y luego se supervisa la reconstrucción de la misma. Los resultados obtenidos indican que en el cerebro normal el hemisferio derecho apenas interviene en el procesamiento del lenguaje, pero a través del cuerpo calloso transmite lo que observa al hemisferio izquierdo, donde se recompone la palabra completa. Gazzaniga halló también que un paciente con el cuerpo calloso seccionado poseía un hemisferio derecho asombrosamente dotado en materia lingüística. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que este enfermo había padecido de muy niño un trastorno cerebral orgánico en la región temporalparietal del hemisferio izquierdo, y ya hemos dicho que las lesiones cerebrales acaecidas durante los dos primeros años de vida del individuo, pero no más allá de este lapso, pueden provocar una redistribución de las funciones cerebrales.

Robert Ornstein y David Galin, del Instituto Neuropsiquiátrico Langley Porter de San Francisco, afirman que a medida que los individuos normales pasan de una actividad intelectual analítica a otra sintética, la actividad cerebral que registra el electroencefalograma de los hemisferios cerebrales correspondientes varía en concordancia con las previsiones; o sea, que cuando un sujeto realiza, por ejemplo, operaciones aritméticas de memoria, el hemisferio derecho exhibe el ritmo alfa, característico de un hemisferio cerebral «inactivo». En el caso de que este resultado se confirmase, estaríamos frente a un notable hallazgo.

Ornstein ofrece una interesante analogía para explicar por qué motivo, por lo menos en Occidente, hemos establecido tantos contactos con las funciones del hemisferio izquierdo y tan pocas con el derecho. Según indica, nuestro conocimiento de la función que corresponde al hemisferio derecho viene a ser algo así como nuestra capacidad para observar las estrellas con luz diurna. El fulgor del sol es tal que las estrellas son invisibles, pese al hecho de que permanecen día y noche en el firmamento. Sólo cuando se pone el sol podemos vislumbrarlas. Asimismo, el fulgor de nuestras adquisiciones evolutivas más recientes, es decir, de las facultades verbales reguladas por el hemisferio izquierdo, empaña el conocimiento de las funciones del hemisferio derecho, donde se localiza el pensamiento intuitivo, que a buen seguro constituyó para nuestros antepasados el principal instrumento de percepción externa.

1. Suele decirse de la marihuana que potencia nuestra apreciación y facultades en el orden musical, de la danza, el arte, el reconocimiento de configuraciones y signos y receptividad de la comunicación de carácter no verbal. Que yo sepa, nunca se ha dicho de esta droga que mejore la capacidad para leer y comprender a Ludwig Wittgenstein o Emmanuel Kant, calcular la resistencia de los puentes o computar las transformaciones de Laplace. A menudo, el sujeto incluso tiene dificultades para plasmar sus ideas por escrito de una manera coherente. Me pregunto si, más que intensificar, los cannabinoles (ingredientes activos de la marihuana) no se limitan a anular la actividad del hemisferio derecho y permitir el encendido de las luces de la imaginación. Puede que este sea, también, el objetivo de los estados de meditación que preconizan muchas religiones orientales.

El hemisferio izquierdo procesa la información de forma secuencial, mientras que el hemisferio derecho lo hace simultáneamente, conectando con diversas fuentes de información a la vez. Por decirlo en el lenguaje de los computadores, el hemisferio izquierdo funciona en un régimen de transferencia *en serie*, y el derecho lo hace *en paralelo*. El hemisferio izquierdo viene a ser un computador digital y el derecho un ordenador analógico. Sperry indicó que la separación de funciones en los dos hemisferios es consecuencia de una «incompatibilidad básica». Es posible que en la actualidad seamos capaces de percibir directamente las operaciones del hemisferio derecho, sobre todo cuando el hemisferio izquierdo ha quedado «desactivado», es decir, ha entrado en el estado de ensoñación.

En el capítulo anterior indicaba que un aspecto primordial del estado de ensoñación podía ser la liberación, durante la noche, de procesos del complejo R fuertemente reprimidos por el neocórtex durante el día. Pero dije también que el notable contenido simbólico de los sueños acreditaba una ostensible participación neocortical a pesar de las marcadas dificultades que señalaban con frecuencia los individuos investigados para leer, escribir y formular operaciones aritméticas y evocaciones verbales en sueños.

Además del contenido simbólico de los sueños, hay en la filigrana de la ensoñación otros aspectos que señalan la intervención del neocórtex. Por ejemplo, muchas veces he tenido sueños en los que el desenlace o «sorprendente final de la trama» sólo era posible gracias a cierto número de indicios en apariencia banales e insertos con mucha anterioridad en el contenido del sueño. No me cabe duda de que al iniciarse éste, la trama completa del sueño estaba ya presente en mi mente. (Digamos de pasada que, según ha demostrado Dement, el tiempo de ejecución requerido por los sucesos del sueño corresponde aproximadamente a la duración que tienen en la realidad.) En tanto que muchas ensoñaciones se desarrollan improvisadamente, otras responden a una perfecta estructura argumental, y en este sentido se asemejan en gran manera al desarrollo de una pieza escénica.

Hoy se acepta la sugestiva posibilidad de que el hemisferio izquierdo del neocórtex no actúa durante el estado de ensoñación, en tanto que el hemisferio derecho —muy familiarizado con todo lo que sean símbolos, pero carente de una fluida expresión verbal— funciona sin dificultades. Bien puede ocurrir que el hemisferio izquierdo no quede del todo desactivado por la noche y que lleve a cabo tareas que lo hacen inaccesible a nuestro conocimiento. En tales momentos trabaja laboriosamente evacuando la información acumulada en el registro de la memoria efímera y determinando qué datos deben conservarse y ser transferidos a la memoria duradera.

A veces, pocas, llegan a nuestros oídos noticias fidedignas de complejos problemas intelectuales que han sido resueltos en estado de ensoñación. Tal vez el más conocido sea el sueño del químico alemán Friedrich Kekulé von Stradonitz. En 1865 la cuestión más acuciante e impenetrable dentro de la química orgánica estructural era determinar la naturaleza de la molécula del benceno. Partiendo de sus propiedades, se había llegado a deducir la estructura de diversas moléculas orgánicas simples, que en todos los casos resultó ser lineal, es decir, formada por cadenas de átomos dispuestos en sentido rectilíneo. Según cuenta el propio Kekulé, un día en que viajaba adormilado en un tranvía tirado por caballos tuvo como un sueño en el que aparecían tiras de átomos moviéndose al ritmo de una danza. De repente, la cola de la cadena de átomos se unió por sí sola a la cabeza y dibujó un círculo que giraba lentamente. Al despertar y recordar lo que había soñado, Kekulé se dio cuenta instantáneamente de que la solución al problema del benceno era un anillo hexagonal de átomos de carbono y no una cadena rectilínea. Obsérvese, no obstante, que nos hallamos ante un caso de identificación de formas y no de una actividad analítica, rasgo característico de casi todas las inspiraciones científicas notables surgidas en estado de ensoñación. Los actos creativos son obra del hemisferio derecho y no del izquierdo.

El psicoanalista norteamericano Erich Fromm ha escrito: «¿No es lógico suponer que al hallarnos desconectados de nuestro mundo exterior retornemos temporalmente a un estado mental primitivo, irracional como el de los animales? Mucho puede decirse en favor de esta presunción y muchos son los estudiosos de los sueños, desde Platón a Freud, que han sostenido la teoría de que esta regresión es el rasgo esencial del reposo nocturno, y, por ello mismo, de la actividad de ensoñación». Fromm prosigue diciendo que a veces, durante el estado de ensoñación, tenemos percepciones que escapan a nuestra mente estando despiertos. Por mi parte, creo que estas percepciones tienen siempre un carácter intuitivo o responden a un proceso de identificación de configuraciones. El aspecto «de similitud con los animales» del estado de ensoñación puede interpretarse como una función conjugada del complejo R y del sistema límbico, y la percepción intuitiva ocasionalmente iluminadora, como una actividad del hemisferio derecho del neocórtex. Ello es así porque en uno y otro caso se han sofocado en buena medida las funciones represivas del hemisferio izquierdo. Fromm llama a estas percepciones del hemisferio izquierdo «el lenguaje olvidado», y arguye con fundamento que constituyen el origen común de los sueños, de los relatos fantásticos y de los mitos.

A veces, mientras soñamos, tenemos la clara sensación de que una parte de nosotros permanece observando la escena plácidamente, de que con frecuencia hay en el trasfondo del sueño una especie de observador. Es esta parte de nuestra mente, que actúa de «centinela» —en ocasiones en mitad de una pesadilla—, la que nos dice: «No es más que un sueño». Es precisamente ese observador el que aprecia la unidad dramática de un sueño con una trama perfectamente estructurada. Pero la mayor parte del tiempo el «centinela» permanece mudo. Muchos de los que fuman o ingieren drogas psicodélicas —marihuana y LSD, pongamos por caso— suelen señalar la presencia de este «centinela». Las experiencias con LSD pueden ser pavorosas, y varios comunicantes me han asegurado que en el caso del LSD la diferencia entre la cordura y la insania depende por completo de la presencia continuada de este «centinela», una pequeña y silenciosa porción de la mente en estado consciente.

Uno de mis informantes me contó una vez que mientras fuma ba marihuana reparó en la presencia y, cosa rara, en la «foraneidad», de este silencioso «centinela» que responde con interés, y a veces con palabras de censura, a la caleidoscópica y rica filigrana de ensoñaciones que experimenta el fumador de marihuana, pero sin formar parte de aquéllas. «¿Quién eres?», preguntó mi informante en silencio, dirigiéndose al observador; «¿Quién pregunta?», contestó éste, como si se tratara de una enseñanza moral sufista o zen. Sin embargo, la pregunta formulada por mi informante tiene su miga. Yo me atrevería a indicar que el pretendido observador es un reflejo de las facultades críticas asentadas en el hemisferio izquierdo, y que si bien se manifiesta con mucha más intensidad en las fantasías psicodélicas que en los sueños, está presente hasta cierto punto en ambos. Sin embargo, la primitiva réplica del observador al interpelante —«¿Quién pregunta?»— sigue sin hallar respuesta. Tal vez se trate de otro componente del hemisferio cerebral izquierdo.

Los lóbulos temporales de los hemisferios izquierdo y derecho del hombre y de los chimpancés presentan una asimetría; una parte del lóbulo izquierdo está notablemente más desarrollada que el resto de la zona. Esta asimetría es congénita (apreciable ya en la vigesimonovena semana del embarazo), lo que sugiere una marca de predisposición genética al control del habla por parte del lóbulo temporal izquierdo. (Sin embargo, los niños que padecen lesiones en dicho lóbulo pueden, en el primero y segundo año de vida, transferir sin menoscabo todas las funciones del habla a la porción equivalente del hemisferio derecho. En una edad más avanzada, esta sustitución de funciones es imposible.) Por otro lado, se observa en los niños de corta edad una lateralización de la conducta. El oído derecho capta mejor la palabra viva, y el izquierdo aquello que no se expresa oralmente, constante que se da también en el adulto. Asimismo, por término medio, los niños de corta edad suelen dedicar más tiempo a contemplar los objetos situados a su derecha que los mismos objetos colocados a su izquierda. Asimismo, para obtener una respuesta precisamos elevar más la voz si le hablamos al oído izquierdo que si lo hacemos al derecho. Si bien hasta el momento no se ha detectado esta ni parecida asimetría en el cerebro o en la conducta de los simios, los resultados obtenidos por Dewson (véanse páginas

120-122) sugieren que en los primates superiores se da, probablemente, un cierto grado de lateralización, en tanto que los lóbulos del mono común (*Rhesus*) no presentan vestigio alguno de asimetría. Uno se siente inclinado a pensar que, como en el hombre, las facultades lingüísticas del chimpancé se regulan en el lóbulo temporal izquierdo.

Según parece, el reducido inventario de gritos de carácter sim bólico que utilizan los primates no humanos se gobierna desde el sistema límbico; prácticamente todo el repertorio vocal de la ardilla o del mono común puede ser evocado por estimulación eléctrica del sistema límbico. El habla humana se regula en el neocórtex. De ahí se infiere que uno de los pasos esenciales en la evolución del hombre debió ser el trasvase del control del habla desde el sistema límbico a los lóbulos temporales del neocórtex, transición de la comunicación a través del instinto a la comunicación por conducto de un proceso analítico. Con todo, la notable capacidad de los simios para acrecentar su repertorio gestual, así como los indicios de lateralización detectados en el cerebro del chimpancé, denotan que la adquisición voluntaria de un lenguaje simbólico por parte de los primates no es una innovación moderna, sino que, antes bien, se remonta a muchos millones de años atrás, en sincronía con los indicios que aporta el examen de los moldes de la cara interna de los cráneos fósiles sobre la existencia del área de Broca en los especímenes de *Homo habilis*.

Las lesiones que sufre el cerebro del mono, concretamente las partes que regulan el habla en el hombre, no menoscaban las vocalizaciones instintivas de estos animales. Por todo ello parece lógico concluir que el surgimiento del lenguaje humano presupone la formación de un conglomerado cerebral enteramente nuevo más que un mero reajuste de los dispositivos del sistema límbico que generan los gritos y llamadas. Algunos expertos en el tema de la evolución humana han manifestado que el lenguaje apareció en una fase tardía —puede que en las últimas decenas de millones de años— como respuesta a las exigencias del último periodo glacial. Sin embargo, la información de que disponemos no parece abonar esta teoría. Por otra parte, los centros del habla en el cerebro humano revisten tal complejidad que resulta difícil imaginar cuál haya sido su evolución a lo largo de los miles de generaciones que probablemente se han sucedido desde el periodo culminante de la última glaciación.

Los indicios de que disponemos parecen indicar que los antepasados del hombre en la Tierra hace varias decenas de millones de años poseían un neocórtex, con la salvedad de que los hemisferios derecho e izquierdo llevaban a cabo funciones comparables y redundantes. Desde entonces, la postura erecta, el uso de herramientas y el lenguaje han sido factores que se han dado impulso mutuo. Así, un pequeño progreso en la facultad de expresión oral se traducía en una mejora progresiva de las hachas de mano, y a la inversa. Parece que el correspondiente proceso de cerebración se ha producido previa especialización de uno de los dos hemisferios en el pensamiento analítico.

Dicho sea de paso, la primitiva redundancia o duplicación funcional ha sido aplicada con sutileza al diseño de computadores. Así, los técnicos que proyectaron la memoria electrónica a bordo del módulo de descenso (*lander*) del *Viking*, sin tener idea de la neuroanatomía de la corteza cerebral, acoplaron dos computadores iguales y programados exactamente del mismo modo. Sin embargo, en razón a su complejidad, no tardaron en emerger las diferencias entre uno y otro. Antes de que tuviera lugar la toma de contacto con la superficie de Marte, los computadores fueron sometidos desde la Tierra a un test de inteligencia (para ello se utilizó un computador mejor «dotado»). Después del mismo, se procedió a inutilizar al ordenador con un coeficiente más bajo. Pues bien, tal vez el proceso evolutivo del hombre haya discurrido por cauces similares y nuestras tan preciadas facultades analíticas se hallen localizadas en el «otro» cerebro, aquel no del todo competente en la generación de pensamiento intuitivo. La evolución se vale a menudo de esta estrategia. En todo caso, la práctica evolutiva normal de incrementar la cantidad de información genética a medida que los organismos ganan en complejidad, se manifiesta en la duplicación de parte del material genético, dejando que proceda luego la lenta especialización de funciones de los componentes redundantes.

Casi todas las lenguas muestran una polaridad, una marcada preferencia por todo lo relacionado con el costado derecho. El término «derecho» se equipara a la legalidad, conducta correcta, elevados principios morales, energía y masculinidad, mientras que la palabra «izquierda» es sinónimo de cobardía, debilidad, objetivos turbios, malevolencia y femineidad. En inglés, por ejemplo, abundan los términos relacionados con *right*, como *rectitude* (rectitud, corrección, prioridad), *rectify* (rectificar, enderezar, enmenar), *righteous* (recto, probo, virtuoso, honrado, justo), *right-hand man* (ser el brazo derecho de alguien), *dexterity* (destreza, maña, habilidad), *adroit* (diestro, hábil, listo; voz derivada del francés *à droite*), *rights* (derechos, como en «derechos del hombre») y la expresión *to be in his right mind* (estar en sus cabales o en su sano juicio). Incluso el vocablo *ambidextrous*, significa, apurando el sentido, dos manos derechas.

En el otro lado, y en sentido literal, tenemos el término *sinister* (casi la misma palabra latina que traduce «izquierda», aunque con significado primordial de siniestro, funesto, aciago), *gauche* (torpe, desmañado, que en francés significa exactamente «izquierda»), *gawky* (desgarbado, desmañado, torpe), *gawk* (palurdo, bobo) y *left-handed compliment* (falso halago). En ruso, la palabra «izquierda» se traduce por *na lev o*, que además significa «furtivo», «subrepticio» o «clan destino»; en italiano, *mañana*, uno de los vocablos que significa izquierda, significa también «engñoso», «falso», «falaz». Tampoco hablamos de una «Declaración de izquierdos» en el sentido con que aludimos a una «Declaración de derechos».

Según una versión etimológica, *left* derivaría de *lygt*, término anglosajón que significa «débil», «endeble», «enclenque», «enfermizo», y también «sin valor», «inútil», «inservible». *Right* en sentido legal, como un acto concorde con las normas sociales (legítimo, justo), y *right* en un sentido lógico, como contrapuesto a erróneo (exacto, acertado, correcto), son también dos acepciones harto comunes en muchas lenguas. El empleo que en política se hace de los términos «derechas» e «izquierdas» parece remontarse al momento histórico en que surge una fuerza política popular como contrapeso al estamento nobiliario. Los nobles se situaban a la derecha del rey y los advenedizos del otro extremo —los capitalistas— a su izquierda. Los nobles se situaban a la derecha del monarca porque éste, a su vez, era el noble más encumbrado y porque su lado derecho era la posición de privilegio. En la teología ocurre lo que en política,

como evidencia la frase: «A la derecha de Dios Padre».

Podría aducirse multitud de ejemplos que demuestran la existencia de un nexo entre *right* y *straight* (derecho, recto, seguido).

Me pregunto si tendrá algún relieve el hecho de que, por ejemplo, el latín, el alemán y las lenguas eslavas se escriban de izquierda a derecha. Los habitantes de la antigua Grecia escribían en bustrófedon («imitando los surcos del arado», es decir, de derecha a izquierda, con el siguiente renglón de izquierda a derecha).

En el español hablado en México no se dice «todo seguido» (*straight ahead*) sino «todo derecho» o «siempre recto» (*right right*). Los negros norteamericanos usan del *right on* (adelante) para significar aprobación, a menudo en conexión con sentimientos de exaltación o apasionamiento por una idea. En la actualidad, dentro del inglés coloquial, el término *straight* se emplea con el significado de «con vengional», «correcto» o «apropiado». En ruso, *right* (derecho, recto, correcto, etc.) se traduce por *pravo*, palabra emparentada con *pravda* que significa «auténtico», «verdadero» (*true*). En muchos idiomas la palabra *true* tiene una segunda acepción como «certero», «preciso». Así, se dice en inglés: *his aim was true* (tenía buena puntería).

El test Stanford-Binet, que mide el coeficiente intelectual de un individuo, trata hasta cierto punto de calibrar la función tanto del hemisferio derecho como del izquierdo. Para determinar el valor de las funciones del hemisferio derecho en algunos tests, se pide al sujeto que adivine la figura que resulta de desplegar una hoja de papel que ha sido doblada varias veces y recortada con unas tijeras, o bien se le pide que calcule a ojo el número de unidades que integran un montón de piezas de madera, algunas de las cuales están ocultas a la vista. Aunque los creadores del test Stanford-Binet consideran que estas cuestiones de concepción espacial son muy útiles para determinar la «inteligencia» de los niños, parece que su valor disminuye progresivamente cuando se trata de fijar el coeficiente intelectual de adolescentes y adultos. Desde luego, en estas evaluaciones es escaso el margen que se reserva al calibrado de los elementos intuitivos. Tampoco nos sorprende que los tests de inteligencia se polaricen marcadamente hacia el hemisferio izquierdo.

La intensidad de los prejuicios en favor del hemisferio izquierdo y de la mano derecha se me antoja una especie de guerra en la que el bando que ha vencido por estrecho margen rebautiza las partes contendientes y los temas más candentes de la vida nacional de forma que las generaciones futuras no vacilen un solo instante a la hora de decidir dónde radica la lealtad bien entendida. Cuando el partido de Lenin no era más que un grupúsculo en el panorama político de su país, él lo llamó «partido bolchevique», que en ruso significa «partido de la mayoría». La oposición, dócilmente y dando pruebas de soberana estupidez, aceptó para sí la denominación de mencheviques o «partido de la minoría», y en el lapso de un decenio llegó a ser, efectivamente, minoritario. Asimismo, en las asociaciones que por doquier suscitan los términos «derecha» e «izquierda» apunta un rencoroso antagonismo que tuvo su origen en los albores de la historia de la humanidad.

Otro par de vocablos antitéticos del habla humana —los términos «blanco» (*white*) y «negro» (*black*)— revelan un conjunto muy diferente de circunstancias. Pese a las expresiones del tipo «tan dispares como el blanco y el negro», ambas palabras —*black* and *white*— parecen tener un mismo origen. El término *black* proviene de la voz anglosajona *blæce*, y el vocablo *white*, del anglosajón *blac*, que todavía está en vigor en las voces emparentadas *blanch*, *blank* *bleak* y en el francés *blanc*. Uno y otro término tienen como rasgo principal la ausencia de color, y el empleo de la misma palabra para ambas voces se me antoja una muy sutil intuición por parte del lexicógrafo del rey Arturo.

En el combate con armas de filo, es decir, capaces de cercenar un miembro o de traspasar un órgano —y también en deportes tales como el boxeo, el béisbol y el tenis—, un contendiente acostumbrado al uso de la mano derecha se encontrará en desventaja si se enfrenta inopinadamente con un adversario zurdo. Asimismo, un esgrimista malintencionado que maneja el florete con la izquierda puede tocar con facilidad a su oponente porque mantiene la mano derecha levantada en un gesto en apariencia amigable y conciliador. Sin embargo, no creemos que esta serie de circunstancias justifiquen ni expliquen el profundo rechazo de que es objeto la mano izquierda, ni tampoco la amplitud del chovinismo derechista entre muchas mujeres, tradicionales enemigas de la violencia. Quizás un atisbo de explicación, aunque remoto, tenga que ver con la carencia de papel higiénico en las sociedades preindustriales. Durante buena parte de nuestra historia pasada, y también hoy, en muchas partes del mundo después de excrementar se utiliza la mano izquierda para la higiene personal, un hecho perfectamente normal y generalizado en las culturas pretecnológicas. De ello no se desprende que los que siguen esta costumbre se complazcan en ella. No sólo resulta vulgar desde un punto de vista estético, sino que se corre el riesgo de contraer graves infecciones y de contagiar también a los demás. La precaución más elemental es la de saludar y comer con la otra mano. En las sociedades pretecnológicas la mano izquierda se utilizaba casi sin excepción para los susodichos menesteres higiénicos, y la derecha para el saludo y la ingestión de alimentos. El quebrantamiento ocasional de esta convención social se miraba —cosa comprensible— con verdadero horror y, así, los niños que contravenían la norma acuñada respecto al recto uso de las manos eran severamente castigados. En los países occidentales son muchas las personas de edad que todavía recuerdan las rígidas prohibiciones que limitaban el uso de la mano izquierda, aunque sólo fuera para coger un objeto. Pienso que esta explicación puede servir para aclarar el porqué de la virulencia contra todo lo que guarde relación con la «izquierda», así como la autocomplaciente ampulosidad de que se dota, a modo de mecanismo defensivo, a todo lo vinculado con la «derecha», actitud generalizada en una sociedad donde la mayoría de sus componentes se valen de la mano diestra.

Dos australopitecos robustos. Es posible que la mayoría de estos animales fueran predominantemente diestros, así como también el *astrolopitecus* grácil.

Con todo, la explicación no aclara por qué inicialmente se prefirió la mano derecha a la izquierda para el desempeño de estas funciones concretas. Cubría argüir que, estadísticamente, hay una probabilidad sobre dos de que las funciones higiénicas sean relegadas a la mano izquierda. Pero en tal caso parece obligado inferir que una sociedad de cada dos debería mostrar una actitud ponderada hacia todo lo que guarde relación con la izquierda, y, sin embargo, este tipo de sociedades parecen ser, de hecho, inexistentes. En una sociedad donde la mayoría de la gente utiliza la mano derecha, las tareas que exigen cierta precisión, como la ingestión de alimentos o el manejo de un arma en combate, se encomendarían a la mano favorita, y, por exclusión, las funciones de tipo higiénico se abandonarían a la mano zurda. Sin embargo, ello tampoco explica por qué la sociedad se decanta por el uso de la mano derecha. En su más estricto sentido, hay que buscar la explicación en otra parte.

No existe una relación directa entre la mano que uno prefiere utilizar para la mayoría de las tareas y el hemisferio cerebral que regula el habla, lo que no impide que buen número de los que utilizan la mano izquierda puedan tener los centros de expresión oral en el hemisferio izquierdo, extremo este muy controvertido. Sin embargo, se estima que la predisposición al uso de una mano determinada tiene que ver con la lateralización cerebral. Existen indicios de que los zurdos experimentan más dificultades que los que utilizan la derecha en ciertas funciones privativas del hemisferio izquierdo, tales como la lectura, la escritura, el habla y la realización de operaciones aritméticas. Por el contrario, suelen mostrar mayor aptitud en lo que concierne a determinadas funciones del hemisferio derecho, como la imaginación, el reconocimiento de configuraciones y la creatividad en sentido genérico.

Según parece, los únicos presidentes zurdos que ha tenido Estados Unidos han sido Harry Truman y Gerald Ford. No estoy seguro de si ello se corresponde o no con la (débil) correlación que se ha querido ver entre la predisposición al uso de una determinada mano y la función hemisférica. Tal vez sea Leonardo da Vinci el ejemplo más preclaro de genio creativo entre los zurdos.

Algunos indicios sugieren que tal vez se da en el ser humano una polarización de *índole genética* que predispone al uso de la mano derecha. Así, el número de cordoncillos que se observan en las huellas digitales de los fetos durante el tercero y cuarto mes del embarazo es mayor en la mano derecha que en la izquierda, y esta preponderancia persiste a lo largo de la vida intrauterina y en la fase posnatal.

Se ha podido obtener información sobre la tendencia en el uso de las manos por parte de los australopitecos mediante el análisis de cráneos fósiles de babuinos que fueron fracturados con palos de hueso o con garrotes por estos primeros parientes del hombre. Raymond Dart, descubridor de los fósiles de australopitecos, llegó a la conclusión de que alrededor del 20 por 100 de ellos utilizaban la mano izquierda, porcentaje que se corresponde, poco más o menos, con el que se observa en el hombre actual. Por el contrario, mientras que otras especies animales suelen mostrar preferencia por una u otra pata, los australopitecos no se decantan específicamente ni por la derecha ni por la izquierda.

Por lo que atañe al hombre, la diferenciación en el uso de la mano se remonta a un pasado muy lejano. Me pregunto si esta polaridad entre palabras etimológicamente relacionadas con las voces «derecha» e «izquierda» no es reflejo de la pugna entre lo racional y lo intuitivo, entre uno y otro hemisferio. El hemisferio verbal es el que controla el lado derecho, y aunque tal vez no posea tanta sutileza como el izquierdo, sí tiene, ciertamente, mejor prensa. El hemisferio izquierdo, se muestra muy a la defensiva, por no decir extrañamente inseguro, en su relación con el hemisferio derecho, y si ello es así sospechamos que el criticismo verbal del pensamiento intuitivo se asienta en dudosas motivaciones. Por desdicha, todo induce a pensar que también el hemisferio derecho se muestra igualmente receloso hacia el izquierdo, recelos que, por supuesto, no expresa por la vía verbal.

Admitiendo la validez de ambos métodos de pensamiento, el del hemisferio izquierdo y el del hemisferio derecho, debemos preguntarnos si resultan igualmente eficaces y útiles ante un cambio de circunstancias. No cabe duda de que el pensamiento intuitivo propio del hemisferio derecho es capaz de percibir configuraciones y nexos demasiado complejos para el hemisferio izquierdo, pero también puede detectar configuraciones donde no las hay. El pensamiento crítico y escéptico no es un rasgo distintivo del hemisferio derecho, y puede resultar que las teorías elaboradas exclusivamente por él, particularmente en circunstancias nuevas y difíciles, sean erróneas o paranoides.

En una serie de experimentos llevados a cabo recientemente por Stuart Dimond, psicólogo del Colegio Universitario de Cardiff (Gales), se emplearon lentes de contacto especiales para proyectar películas a uno u otro hemisferio por separado. No hace falta decir que en un individuo normal la información recogida por un hemisferio se transmite al otro por conducto del cuerpo calloso. Los sujetos sometidos a experimentación tuvieron que clasificar diversas películas atendiendo al contenido emocional. Con ello se demostró que el hemisferio derecho tiene una tendencia manifiesta a ver el lado hostil, desagradable y hasta repelente de la vida. Los psicólogos de Cardiff descubrieron también que estando ambos hemisferios en actividad, nuestras respuestas emocionales se asemejan en gran manera a las que ofrece el hemisferio izquierdo aisladamente. Parece que en la vida cotidiana el negativismo del hemisferio derecho se ve fuertemente compensado por el hemisferio izquierdo, que tiende a ver la vida de forma más despreocupada. De todos modos, una oscura y sospechosa inflexión emotiva parece ocultarse en

el hemisferio derecho, lo que podría explicar hasta cierto punto el repudio que la parte de nuestra individualidad contenida en el hemisferio izquierdo manifiesta hacia la «siniestra» condición atribuida a la mano izquierda y al hemisferio derecho.

Un paranoico puede llegar a pensar que existe una conspiración en su contra, o sea, que vislumbra ocultas y malévolas intenciones en sus amigos, socios o en el propio gobierno, cuando en realidad dicha actitud antagónica es inexistente. Si realmente hubiera conspiración, el sujeto tal vez se mostraría angustiado en extremo, pero no por ello podría ser tachado de paranoico. A este respecto la historia nos presenta el caso de James Forrestal, primer secretario de Defensa de los Estados Unidos. Concluida la segunda guerra mundial, Forrestal tenía el convencimiento de que agentes secretos israelíes le seguían a todas partes. Los médicos, convencidos de lo absurdo de esta fijación, le declararon paranoico y le confinaron en la planta superior del hospital militar Walter Reed. Un buen día se arrojó al vacío y encontró la muerte, en parte debido a la inadecuada vigilancia del personal médico que le atendía, excesivamente respetuoso con uno de sus más prominentes conciudadanos. Más tarde se supo que, en efecto, Forrestal estaba sometido a vigilancia por agentes israelíes, a quienes preocupaba que el secretario de Estado pudiera suscribir un acuerdo secreto con los representantes de los países árabes. Aun cuando Forrestal estaba mentalmente enfermo, es indudable que la diagnosis de paranoia no contribuyó a mejorar su condición.

En épocas de rápida transformación social aumenta el número de conspiraciones, tanto por parte de los que desean impulsar el cambio como por los defensores del *statu quo* (más por parte de los últimos que de los primeros, al menos en la historia política norteamericana de los últimos años). Creer en la existencia de una conspiración cuando no la hay es un síntoma de paranoia; detectarla cuando existe realmente es prueba de salud mental. Un amigo mío suele decir: «Hoy, en Estados Unidos, si no estás un poco paranoico es que andas mal de la cabeza». Esta observación tiene valor universal.

Es imposible determinar si las configuraciones detectadas por el hemisferio derecho son reales o imaginarias sin someterlas al escrutinio del hemisferio izquierdo. De otro lado, el pensamiento meramente crítico, sin percepciones creativas e intuitivas, sin la búsqueda de nuevas pautas, es completamente estéril y está condenado al fracaso. Para poder resolver problemas complejos en circunstancias cambiantes es preciso la actividad conjunta de los dos hemisferios cerebrales. La senda hacia el futuro pasa por el cuerpo calloso.

Uno entre los muchos ejemplos de comportamiento diferenciado, producto de unas funciones cognoscitivas que también lo están, es la reacción normal ante la vista de la sangre. Muchos de nosotros nos sentimos afectados de alguna manera viendo a una persona sangrar copiosamente, e incluso los hay que pierden el conocimiento. Creo que la razón está muy clara. A lo largo del tiempo, hemos asociado nuestra propia pérdida de sangre con el dolor, el daño y la violación de nuestra integridad corporal, de aquí que nos sintamos condolidos o afectados al ver sangrar a otra persona. Nos hacemos solidarios de su dolor. Probablemente este sea el motivo de que en muchas sociedades humanas el color rojo se utilice para indicar peligro o en las señales de *stop*.

O dirección hacia abajo, como en las luces del tablero indicador de los ascensores. Nuestros antepasados arbóreos tenían que andar con sumo cuidado en eso del descenso.

(Si el pigmento portador de oxígeno que tenemos en la sangre fuera de color verde —cosa no imposible desde el punto de vista bioquímico— todos consideraríamos que el verde es un indicador natural de peligro y nos sonreiríamos ante la idea de utilizar el rojo.) Por otra parte, el médico reacciona de muy distinta manera a la vista de la sangre y se pregunta cuál es el órgano dañado, si hay hemorragia, si la sangre que fluye es venosa o arterial y si conviene o no aplicar un torniquete. Son estas funciones analíticas que competen al hemisferio izquierdo y que requieren procesos cognitivos analíticos más complejos que la mera asociación de la sangre con el dolor, y, por supuesto, de valor mucho más práctico. Si yo sufriera algún daño, preferiría tener a mi lado un médico competente al que una larga experiencia ha familiarizado con la vista de la sangre que estar en compañía de un amigo que siente en el alma lo ocurrido pero que sufre un desmayo viendo cómo me desangro. No cabe duda de que este último tendrá poderosas motivaciones para no causar daño a otra persona, pero será el médico quien preste ayuda eficaz en caso de que sobrevenga el daño. En una especie animal idealmente estructurada, estas diferentes actitudes coincidirían simultáneamente en un solo individuo, como de hecho sucede con muchos de nosotros. Por más que uno y otro modo de pensamiento posean un grado muy diverso de complejidad, tienen un valor complementario de cara a la supervivencia.

Un ejemplo característico de la resistencia que a veces opone el pensamiento intuitivo a las netas conclusiones del pensamiento analítico lo tenemos en la opinión de H. Lawrence sobre la naturaleza de la Luna: «Me da lo mismo que me digan que la Luna es una roca inerte en el firmamento. Yo sé *positivamente* que no lo es». Por supuesto, la Luna es más que una roca inerte en el firmamento. Es hermosa, tiene connotaciones románticas, es causa de mareas y hasta puede que, en última instancia, sea el factor que condiciona el ciclo menstrual de la mujer. Pero es innegable que uno de sus rasgos es, precisamente, el ser una roca inerte en el cielo. El pensamiento intuitivo se desenvuelve a sus anchas en los dominios en los que hemos tenido experiencia personal de tipo evolucionista, pero en parcelas tan nuevas como la determinación de la naturaleza de los objetos celestes más cercanos a la Tierra, el razonamiento intuitivo debe mostrarse más cauto en sus aserciones y dispuesto a acomodarse a las percepciones que el pensamiento racional arrebató a la naturaleza. Por la misma razón, los procesos del pensamiento racional no constituyen fines en sí mismos, sino que deben entenderse en el contexto más amplio del bienestar humano. La naturaleza y la orientación del empeño racional y analítico deberían estar determinados en buena parte por las implicaciones humanas fundamentales tal como nos son reveladas por el conocimiento intuitivo.

En cierto modo, la ciencia puede ser definida como el pensamiento paranoico aplicado a la naturaleza. En efecto, andamos a la búsqueda de conspiraciones naturales, de nexos entre hechos aparentemente dispares. Nuestro objetivo no

es otro que abstraer configuraciones o modelos de la naturaleza (pensamiento del hemisferio derecho), pero muchas de las pautas propuestas no se corresponden en la práctica con la realidad de estos hechos. De aquí la conveniencia de someter todos los criterios avanzados al cedazo del análisis crítico (pensamiento del hemisferio izquierdo). La búsqueda de configuraciones sin análisis crítico y la ostentación de un rígido escepticismo sin la búsqueda de configuraciones son las antípodas de una ciencia incompleta. La búsqueda efectiva del saber requiere la concurrencia de ambas funciones.

En la actualidad, el cálculo matemático, la física newtoniana y la óptica geométrica —todos ellos inferidos de argumentos esencialmente geométricos— se enseñan y demuestran en gran parte en base a razonamientos analíticos; el hemisferio derecho interviene más en el aspecto creativo de la física y de la matemática que en la enseñanza de dichas disciplinas. Lo mismo ocurre hoy en el terreno de las grandes formulaciones científicas, generalmente intuitivas y expuestas en los artículos científicos, también por norma, mediante argumentos analíticos lineales. Nada anómalo hay en ello. Por el contrario, así es como debe ser. Los actos creativos son en buena medida resultado de los componentes del hemisferio derecho, pero los razonamientos sobre la validez del resultado son, primordialmente, funciones del hemisferio izquierdo.

Una de las más formidables intuiciones de Albert Einstein, de capital importancia para la teoría de la relatividad general, fue la de que la gravitación podía ser entendida asignando el valor cero al tensor contraído de Riemann-Christoffel. Pero este argumento sólo fue aceptado porque era posible determinar con detalle las consecuencias matemáticas de la ecuación, ver si sus predicciones diferían de las de la gravitación newtoniana y recurrir luego a la experimentación para observar de qué lado se inclinaba la naturaleza. En tres notables experimentos —la desviación de la luz estelar en las proximidades del sol; el movimiento de la órbita de Mercurio, el planeta más cercano al astro; el corrimiento hacia el rojo (*red shift*) de las líneas espectrales por acción de un intenso campo gravitatorio estelar—, la naturaleza se inclinó a favor de las teorías de Einstein. Pero de no haber mediado estos ensayos experimentales muy pocos físicos hubiesen dado por buena la teoría de la relatividad general. Existen en el campo de la física numerosas hipótesis de valor y nivel intelectual comparables a las formuladas por Einstein que han sido rechazadas porque no consiguieron salir airoso de la confrontación con la vía experimental. Por mi parte, creo que la condición humana se vería muy beneficiada si esta pugna y afán de poner a prueba las hipótesis científicas y de otro género fuera una constante de nuestra vida social, política, económica, religiosa y cultural.

No sé de ningún progreso científico notable que no requiera un gran acopio de datos de ambos hemisferios cerebrales. No puede decirse otro tanto del arte, campo en el que, manifiestamente, ningún observador, por capacitado, entregado y objetivo que sea, puede llevar a cabo experimentos que determinen a satisfacción de todos qué muestras artísticas deben ser consideradas como obras maestras. Entre los centenares de ejemplos que se podrían aducir, cabe resaltar que los más destacados críticos, revistas y museos de arte de finales del siglo XIX y primeros del XX rechazaron de plano la corriente impresionista francesa. Pues bien, hoy estas mismas instituciones consideran a los artistas de esta tendencia auténticos maestros de la pintura. Tal vez dentro de un siglo el péndulo vuelva a oscilar hacia el otro lado.

Este mismo libro, del que soy autor, viene a ser un ejercicio de reconocimiento de configuraciones, de modelos, una tentativa para llegar a una mínima comprensión de la naturaleza y evolución del intelecto humano a partir de los indicios que proporcionan una amplia variedad de disciplinas científicas y mitos. En buena medida es obra del hemisferio derecho, y durante su elaboración me he despertado muchas veces en mitad de la noche, o de madrugada, desasosegado por el júbilo contenido de una intuición que me había venido a la mente. Pero la autenticidad de estas intuiciones —y confío en que muchas de ellas exijan una revisión sustancial— dependerá de la eficiencia con que haya trabajado mi hemisferio *izquierdo* (y, tam bién, de si he mantenido determinadas formulaciones, por cuanto ignoro las pruebas que las contradicen). En el curso de la redacción de este libro me he visto frecuentemente sorprendido al constatar su carácter de metaejemplo, en el sentido de que tanto su concepción como su ejecución ilustran el tema de que trata.

En el siglo xvii la relación entre cantidades matemáticas podía expresarse de dos maneras: mediante una ecuación algebraica o trazando una curva. Rene Descartes demostró la identidad formal de estas dos estimaciones del mundo matemático al inventar la geometría analítica, que permite la representación gráfica de las ecuaciones algebraicas. (Digamos de paso que Descartes era, también, un anatomista interesado en la localización de las funciones del cerebro.) En la actualidad, la geometría analítica es una asignatura que se estudia en el bachillerato, pero en la época de referencia supuso una brillante aportación. Sin embargo, una ecuación algebraica es una construcción prototípica del hemisferio izquierdo, en tanto que una curva geométrica regular, es decir, la resultante gráfica obtenida mediante la unión de diversos puntos en el espacio, es una elaboración característica del hemisferio derecho. En cierto sentido, cabe afirmar que la geometría analítica es el cuerpo calloso de las matemáticas. En la actualidad observamos que gran número de teorizaciones, o bien se muestran antagónicas, o bien acusan una evidente falta de interacción. En algunas importantes instancias suponen un enfrentamiento entre consideraciones o perspectivas del hemisferio izquierdo y del hemisferio derecho. Una vez más se echa desesperadamente en falta un nexo que, como en el caso de Descartes, relacione teorías en apariencia inconexas o antitéticas.

Pienso que las actividades creativas más notables surgidas en nuestra cultura o en cualquier otra cultura humana anterior —códigos legales y éticos, arte y música, ciencia y técnica— fueron posibles merced a la acción conjunta de los hemisferios cerebrales derecho e izquierdo. Esos actos creativos, aun cuando se produzcan raras veces o correspondan sólo al empeño de unos pocos, han contribuido a transformar el hombre y el mundo. Bien podría decirse que la cultura humana es la función por excelencia del cuerpo calloso.



## La evolución futura del cerebro

La peligrosidad es cosa del futuro ... Los más notables avances de la civilización son procesos que casi aniquilan a las sociedades en cuyo seno se producen.

ALFRED NORTH WHITEHEAD, *Adventures in ideas*

La voz del intelecto es callada, pero no cesa hasta con quistar una audiencia y, en última instancia, después de interminables repudios, consigue su objetivo. Es este uno de los pocos aspectos en los que cabe un cierto optimismo sobre el futuro de la humanidad.

SIGMUND FREUD, *El futuro de una ilusión*

La mente del hombre es capaz de todo, porque todo está contenido en ella, tanto el pasado como el futuro.

JOSEPH CONRAD, *Heart of Darkness*

**E**l cerebro humano parece hallarse en una fase de inestable tregua, con esporádicas escaramuzas y raros combates.

La existencia de componentes cerebrales con predisposición hacia un tipo de conducta no es una invitación al fatalismo ni a la angustia, puesto que ejercemos un control sustancial sobre el grado de intervención de cada uno de estos componentes. La anatomía no es determinismo, pero tampoco un factor irrelevante. Hay por lo menos algunas enfermedades mentales que pueden interpretarse en base a la existencia de un conflicto entre las partes neurales concurrentes. La mutua represión entre los componentes cerebrales se pola riza en múltiples direcciones. Hemos mencionado ya la represión que ejercen el sistema límbico y el neocórtex sobre el complejo R, pero puede darse también a través de la propia comunidad social una represión del complejo R sobre el neocórtex y de un hemisferio cerebral sobre otro.

El hombre examinándose a sí mismo Ohra de Vesalio, madre de la anatomía moderna.

Por regla general, las sociedades humanas no son innovadoras, sino más bien jerárquicas y ritualistas. Cualquier sugerencia de cambio se acoge con recelo, ya que implica la incómoda transformación futura del ritual y la jerarquía imperantes, es decir, la sustitución de una serie de rituales por otra o, tal vez, por una sociedad menos estructurada y regida por un número inferior de rituales. Sin embargo, llega un momento en que es preciso que las sociedades cambien. «Los dogmas de un pasado tranquilo son insuficientes para un presente tumultuoso», aseveró Abraham Lincoln. Buena parte de las dificultades que surgen al intentar reestructurar las sociedades norteamericanas y de otros pueblos arrancan de la resistencia que oponen los grupos que tienen intereses creados en el *statu quo*. Es probable que una transformación profunda de la sociedad obligue a los que ocupan el pináculo de la jerarquía a descender muchos peldaños, lo cual les irrita y les mueve a ofrecer resistencia.

Sin embargo, se observa en la sociedad occidental algún cambio, incluso cambios de consideración, aunque a todas luces insuficientes. Pero en todo caso, las mutaciones son ahí más evidentes que en ninguna otra sociedad. En efecto, las culturas más arcaicas y estáticas se muestran mucho más reticentes ante cualquier transformación. En *The forest people* (Los habitantes de la selva), Colin Turnbull nos ofrece una conmovedora descripción de una muchacha pigmea tullida a la que unos antropólogos que visitaron la tribu proporcionaron lo que en aquel momento constituía una asombrosa innovación: un par de muletas. A pesar de que sirvieron para paliar en gran manera los sufrimientos de la muchachita, los adultos de la tribu, sin excluir a los padres, se mostraron indiferentes ante esta invención.

Quizá deba hacer notar, en defensa de los pigmeos, que un amigo mío que ha pasado tiempo entre ellos señala que en actividades tales como el paciente acecho y caza de mamíferos y peces el pigmeo se prepara intoxicándose con marihuana, que ayuda a soportar la larga espera, tediosa para cualquier especie más evolucionada que el dragón de Komodo. Según dice mi amigo, los nativos sólo cultivan la *cannabis sativa*. Sería irónicamente interesante que el cultivo de la marihuana a lo largo de la historia humana hubiera conducido como norma a la invención de la agricultura y, por esta vía, a la civilización. (Una parodia burlesca del pigmeo intoxicado con marihuana, apostado pacientemente en solitario durante una hora con la caña de pescar en la mano, podría ser la figura del cazador saturado de cerveza, camuflado protectoramente en un rojo tartán, que todos los años, al llegar el día de Acción de Gracias, merodea con paso tambaleante por los bosques aledaños a los barrios

Existen muchos otros ejemplos de desapego hacia todo lo nuevo en las sociedades de corte tradicional, y podrían abstraerse numerosos casos ilustrativos repasando las vidas de personajes como Leonardo, Galileo, Erasmo, Darwin o Freud.

Por regla general, el tradicionalismo que exhiben muchas sociedades estáticas tiene una misión adaptativa. Las formas culturales que rigen en ella se han desarrollado trabajosamente a lo largo de muchas generaciones, y se sabe que cumplen a satisfacción sus propósitos. Al igual que ocurre en las mutaciones, un cambio fortuito puede interferir esta dinámica. Pero también como aquéllas, los cambios son necesarios para conseguir la adaptación a nuevas circunstancias ambientales. La tensión entre estas dos tendencias puntea gran parte de las pugnas políticas de nuestra era. En las épocas caracterizadas por una rápida transformación del medio físico y social, como ocurre en nuestros días, la acomodación al cambio y la aceptación del mismo tienen un fin adaptativo, pero no así en las sociedades que habitan en un entorno estático. Las formas de vida de los pueblos cazadores-recolectores han sido de utilidad al hombre durante un largo periodo de nuestra historia, y creo que existen pruebas irrefutables de que en cierto sentido la evolución nos ha configurado para que nos desenvolvamos en una cultura de este tipo. Al abandonar la vida del cazador-recolector abandonamos la infancia de nuestra especie. Tanto la cultura primitiva como la cultura de la era tecnológica son productos del neocórtex. A la sazón, nos encaminamos irreversiblemente por esta última senda, pero necesitaremos algún tiempo para acoplarnos a sus exigencias.

Gran Bretaña ha dado al mundo una serie de eruditos y científicos muy versados en varias disciplinas, algunas veces en posesión de un conocimiento enciclopédico. Por lo que atañe a nuestra época podemos citar los nombres de Bertrand Russell, A. N. Whitehead, J. B. S. Haldane, J. D. Bernal y Jacob Bronowski. Según Russell, para que surjan individuos tan dotados es preciso que su infancia haya discurrido sin apenas presiones y lejos de todo conformismo, que el muchacho o muchacha haya podido cultivar y acrecentar sus intereses por peculiares y extravagantes que pudieran parecer. Debido a las fuertes presiones que el Estado y el propio entorno ejercen en los muchachos dotados para someterlos a las exigencias sociales, no es extraño que ni en Estados Unidos, ni menos aún en la Unión Soviética, Japón o la República Popular China, surja un número proporcional de individuos en posesión de conocimientos enciclopédicos. Creo, por lo demás, que existen indicios de que también Gran Bretaña conoce en la actualidad un manifiesto declive en este aspecto.

Hoy más que nunca, cuando tantos y tan complejos problemas asaltan a la especie humana, es necesaria la presencia de individuos con un alto coeficiente intelectual y un amplísimo campo de intereses. Habría que encontrar la fórmula, compatible con los ideales democráticos que pregonan estos países, para estimular, sin deshumanizar la tarea, el desarrollo intelectual de aquellos adolescentes especialmente dotados. Sin embargo, el panorama es desalentador, ya que tanto los sistemas docentes como los métodos de examen que rigen en la mayoría de estos países adolecen de una ritualización casi reptilica del proceso educacional. En ocasiones me pregunto si la carga agresiva y sexual de los productos televisivos y fílmicos que ofrecen las productoras norteamericanas refleja el hecho de que el complejo R se halla bien afirmado en todos nosotros, en tanto que muchas funciones neocorticales se expresan más raramente porque estamos menos familiarizados con ellas y no las apreciamos en su justo valor, debido, en parte, a la naturaleza represiva de las instituciones docentes y de la propia comunidad nacional.

Un cazador-recolector acecha a su presa y, a la vez, educa al muchacho. Esta forma de vida, que durante millones de años ha sido característica de nuestra especie, se halla a la sazón casi extinta.

Como resultado de los profundos cambios sociales y tecnológicos acaecidos en los últimos siglos, el mundo no marcha como es debido. Resulta que no vivimos en sociedades tradicionales estáticas, pero nuestros gobiernos, opuestos al cambio, actúan como si así fuera. Si antes no nos destruimos a nosotros mismos, el futuro pertenece a las comunidades sociales que, sin ignorar las partes reptílicas y los componentes propios de los mamíferos, permitan el florecimiento de los rasgos genuinamente humanos de nuestra naturaleza, a las sociedades dispuestas a invertir recursos en una multiplicidad de experimentos de orden social, político, económico y cultural, y que estén dispuestas a sacrificar ventajas inmediatas por beneficios a largo plazo. El futuro pertenece, en fin, a las sociedades que consideran las ideas innovadoras como delicadas, frágiles y preciosas vías hacia el futuro.

Un mejor conocimiento del cerebro puede influir también algún día en cuestiones sociales tan delicadas como son la definición de la muerte y la aceptabilidad del aborto. Por regla general, en los países de Occidente priva el criterio ético de que, si las circunstancias lo justifican, es permisible dar muerte a primates distintos del hombre y, con mayor motivo, a otros mamíferos. Sin embargo, un individuo no puede, en las mismas circunstancias, matar a otro ser humano. De ello se infiere que la diferencia entre una y otra actitud se explica por las cualidades específicamente humanas del cerebro. De la misma manera, cuando funcionan partes sustanciales del neocórtex, debe considerarse que el paciente en estado de coma está ciertamente vivo en un sentido humano, a pesar del grave deterioro de otras funciones físicas y neurológicas. Por el contrario, un paciente vivo pero que no presente indicios de actividad neocortical (ni siquiera la que se da durante el sueño) debe considerarse, en un sentido humano, como muerto. En muchos de estos casos el neocórtex ha dejado fatalmente de funcionar, mientras que el sistema límbico, el complejo R y los componentes cerebrales inferiores siguen operantes, a la par que funciones básicas como la respiración y la circulación sanguínea no se ven afectadas. En mi opinión hace falta profundizar más en el conocimiento de la fisiología del cerebro humano antes de poder dar una definición genérica y bien fundamentada de la muerte, pero lo más probable es que la senda que conduce a esta definición nos lleve a contraponer el neocórtex a los restantes componentes del cerebro.

Ideas similares podrían ayudar a resolver el apasionado debate sobre el aborto surgido en los Estados Unidos

mediado el actual decenio, una controversia en extremo vehemente caracterizada por el rechazo rotundo de los puntos de vista de la otra parte. Por un lado están los que sostienen el derecho innato de la mujer al «control de su propio cuerpo», lo cual incluye, según los que defienden esta tesis, el poder provocar la muerte del feto en base a diversos motivos, entre los que destacan la aversión psicológica a engendrar un hijo y la falta de medios para educarlo. En el otro extremo están los que defienden la idea del «derecho a la vida», la aserción de que la muerte de un simple cigoto, de un óvulo fertilizado antes de la primera etapa embrionaria, equivale a un asesinato, por cuanto el cigoto lleva en sí la capacidad de dar vida a un ser humano. Soy perfectamente consciente de que en un tema en el que concurren sentimientos tan apasionados toda solución que se proponga no satisfará a ninguna de las dos partes, y en ocasiones el corazón y la mente nos llevan a diferentes conclusiones. Sin embargo, retomando algunas ideas avanzadas en capítulos anteriores de este libro, quisiera ofrecer aunque sólo fuera una tentativa de compromiso razonable.

En indiscutible que legalizando el aborto se evita el drama y la carnicería a que conduce muchas veces el aborto clandestino realizado por manos incompetentes, y que en una civilización cuya supervivencia se ve amenazada por el espectro de un crecimiento demográfico sin control alguno, el aborto médico puede redundar en beneficio de la sociedad. Por otro lado, el infanticidio a secas resuelve de golpe ambos problemas y de hecho se ha empleado de manera generalizada en el seno de numerosas comunidades humanas, entre ellas determinados sectores sociales de la antigua Grecia, país que suele considerarse como la cuna de nuestra cultura. En la actualidad sigue practicándose en gran medida; en muchas partes del mundo uno de cada cuatro recién nacidos no vive más allá de un año. Sin embargo, y con arreglo a las leyes que rigen en la sociedad occidental, no cabe la menor duda de que el infanticidio constituye un asesinato. Teniendo en cuenta que un sietemesino, es decir, un niño nacido prematuramente en el séptimo mes del embarazo, no se diferencia en nada fundamental del feto que lleva siete meses en el útero, me parece lógico concluir que el aborto, por lo menos en los últimos tres meses, ronda el asesinato. Las objeciones de que el feto durante el tercer trimestre todavía no respira me parecen un tanto equívocas, y, así, cabría preguntarse si es permisible cometer infanticidio inmediatamente después de que la criatura haya nacido, cuando todavía no se ha cortado el cordón umbilical ni el niño ha aspirado la primera bocanada de aire. En una línea discursiva similar, si yo no estoy psicológicamente preparado para convivir con un extraño, por ejemplo, en un cuartel o en una residencia universitaria, no por ello tengo derecho a darle muerte, y, de la misma manera, la irritación que pueda producirme el destino que se da al dinero que pago en concepto de impuestos no debe llevarme al extremo de exterminar a los recipiendarios de los mismos. Con frecuencia suele entremezclarse en estos debates la cuestión de las libertades civiles. ¿Por qué se me han de imponer las convicciones de otros sobre esta cuestión?, se preguntan algunos. Con todo, aquellos que personalmente no suscriben el concepto convencional de asesinato, se ven constreñidos por la sociedad a someterse a lo dispuesto en el código penal.

En el polo opuesto de la discusión, la frase «derecho a la vida» constituye un ejemplo claro de expresión altisonante concebida para impresionar más que para aclarar las cosas. Ni hoy ni nunca ha existido en ningún país de la tierra el derecho a la vida (tal vez haya alguna excepción, como los jainís de la India). Criamos animales domésticos para luego darles muerte, destruimos los bosques, contaminamos ríos y lagos hasta causar la muerte de toda la fauna piscícola, cazamos venados por deporte, leopardos por la piel y ballenas para preparar comida para los perros, atrapamos a los delfines, boqueantes y semiasfixiados, con grandes redes del tipo utilizado para la pesca del atún, y sentenciamos a muerte a los perros cachorros para «equilibrar la población». Todos estos animales y vegetales están tan vivos como nosotros. Lo que muchas sociedades humanas protegen no es la vida, sino la vida del hombre, y aun así desencadenamos guerras con medios «modernos» que causan estragos en la población civil y que suponen un tributo tan escandaloso que muchos de nosotros ni siquiera nos atrevemos a entrar en su consideración. A menudo se intenta justificar este genocidio acudiendo a una redefinición racista o nacionalista de nuestros oponentes que no les reconoce siquiera la condición de hombres.

Debo decir, también, que el argumento acerca de la capacidad del cigoto para dar vida a un ser humano me parece sumamente endeble. En circunstancias propias cualquier óvulo o esperma tiene este mismo potencial. Con todo, ni la masturbación ni las poluciones nocturnas del varón suelen conceptuarse como actos antinaturales merecedores de una condena por asesinato. Una sola eyaculación contiene suficiente número de espermatozoos para generar centenares de millones de seres humanos. Por si esto fuera poco, es posible que en un futuro no muy lejano podamos dar vida a un ser humano a partir de una simple célula tomada prácticamente de cualquier parte del cuerpo del donante. Si ello es así, cualquier célula del organismo debidamente preservada hasta el momento en que la gestación extracorpórea se lleva a la práctica con garantías puede llegar a convertirse en un ser vivo. Por lo demás, ¿cometo un genocidio si me pincho un dedo y vierto una gota de sangre? Como puede observarse, se trata de cuestiones muy complejas. Asimismo, me parece evidente que la solución debe entrañar un compromiso entre un número de valores muy preciados pero antagónicos. La cuestión clave del dilema radica en poder determinar en qué momento el feto puede considerarse un ser humano, dilema que a su vez depende de lo que se entienda por humano. Desde luego, no el hecho de tener una configuración humana, porque una masa de material orgánico que se asemejara a un hombre pero que fuera elaborada con tal fin no podría considerarse propiamente humana. Asimismo, un hipotético ser extraterrestre dotado de inteligencia que no se asemejara a nosotros pero que poseyera unas cualidades éticas, intelectuales y artísticas superiores a las del hombre debería entrar en nuestro cuadro de prohibiciones contra el asesinato. Lo que acredita nuestra condición humana no es lo que parecemos, sino lo que somos. La razón por la que prohibimos dar muerte a otro ser humano debe sustentarse en alguna cualidad peculiar del hombre, cualidad a la que conferimos especial valor y que pocos o ningún otro organismo de la Tierra posee. Es indudable que la humanidad de un ser no viene determinada por el hecho de que sea capaz de sentir dolor o emociones intensas, ya que entonces deberíamos extender este criterio a los animales a los que damos muerte gratuitamente.

Creo que la cualidad humana básica no puede ser otra que nuestra inteligencia. Si lo consideramos así, la inapelable inviolabilidad de la vida humana puede identificarse con la evolución y la presencia del neocórtex. No podemos exigir que se trate de una evolución plena porque ésta no se produce hasta muchos años después del nacimiento, pero tal vez podríamos determinar que el tránsito a la fase humana acaece en el momento en que se inicia la actividad neocortical tal como viene registrada por la electroencefalografía del feto. La observación de algunas funciones biológicas muy simples nos ofrece indicativos del momento en que el cerebro cobra un carácter específicamente humano (véase la figura de la página siguiente). Hasta la fecha se ha investigado muy poco dicha cuestión, y estoy convencido de que los estudios en este terreno desempeñarían un papel determinante en la consecución de un compromiso aceptable que zanjara los debates sobre el aborto. Indudablemente, habría diferencias de un feto a otro en cuanto al momento de iniciación de las primeras señales electroencefalográficas del neocórtex, y todo intento de formular una definición legal del momento en que comienza la vida propiamente humana debería adoptar una pauta de prudencia, es decir, en favor del feto menos desarrollado capaz de exhibir tal actividad. Tal vez el momento de transición habría que fijarlo hacia el término del primer trimestre o próximo al inicio del segundo trimestre del embarazo. (Estamos hablando aquí de lo que, en una sociedad de seres racionales, debiera estar prohibido por la ley. O sea, que todo aquel que piense que el aborto de un feto menos desarrollado que el propuesto como base constituye un asesinato, no tiene por qué verse obligado a llevar a cabo ni aceptar el aborto en cuestión.)

Pero una aplicación consecuente de las ideas expuestas ha de rehuir todo intento de chovinismo humano. Si existen otros organismos cuya inteligencia, aunque de grado inferior, corresponda a la de un ser humano completamente desarrollado, habría que ofrecerles por lo menos la misma protección contra el asesinato que deseamos hacer extensiva al ser humano ya en los comienzos de su vida uterina. Por todo ello, habida cuenta de que existen cuando menos pruebas suficientes que abonan la creencia de que los delfines, ballenas y simios de toda especie son criaturas inteligentes, estimo que toda postura moral sobre el aborto que sea un poco consistente ha de contener severas disposiciones contra, por lo menos, la matanza injustificada de estos animales. Pero creo que la clave última de la solución a la controversia sobre el aborto debe dársela la investigación de la actividad neocortical del feto.

¿Qué decir de la evolución futura del cerebro humano? Cada vez se amplía más el ya numeroso cúmulo de pruebas de que muchas enfermedades mentales son consecuencia de alteraciones químicas o de la red neural del cerebro. Dado que muchas enfermedades mentales presentan los mismos síntomas, cabe pensar que tienen un mismo origen y que, por lo tanto, deben ser tratadas con arreglo a una misma terapéutica.

Cuatro fases del proceso embrionario del cerebro humano: A) después de tres semanas de embarazo; B) transcurridas siete semanas; C) después de cuatro meses, y D) en un recién nacido. En las fases A y B el cerebro se asemeja en gran manera al de los peces y anfibios.

Hughlings Jackson, pionero de la neurología en el siglo XIX, observó: «Averigua el contenido de los sueños y conocerás la causa de la insania». Los individuos que no pueden soñar a menudo o tienen dificultades para hacerlo sufren alucinaciones durante el día. La esquizofrenia, por ejemplo, suele llevar aparejado insomnio nocturno, aunque no ha podido determinarse si se trata de una causa o de un efecto. Uno de los aspectos más conmovedores de la esquizofrenia es la infelicidad y la angustia que provoca en sus víctimas. ¿No es posible que la esquizofrenia sea la situación resultante ante la imposibilidad de mantener encadenados a nuestros dragones, cuando éstos han roto los grillos que les sujetaban al hemisferio izquierdo y salen bruscamente a la luz del día? Tal vez otras dolencias sean consecuencia de un menoscabo de la función del hemisferio derecho. Así, pocas veces se observan flujos intuitivos en los enfermos obsesivo-compulsivos.

A mediados de los sesenta, Lester Grinspoon y sus colegas de la Facultad de Medicina de Harvard llevaron a cabo una serie de experimentos controlados sobre el valor relativo de distintas técnicas terapéuticas en el tratamiento de la esquizofrenia. Por el hecho de ser psiquiatras, si alguna deformación profesional podía imputárseles era su preferencia por las técnicas de comunicación frente a los tratamientos farmacológicos. Pero con gran sorpresa por su parte descubrieron que la tioridacina (medicamento perteneciente a un grupo de drogas antipsicóticas que producen aproximadamente el mismo efecto y que se conocen como fenotiacinas), tranquilizante recién descubierto, resultaba mucho más eficaz para dominar la enfermedad que para sanarla. Lo cierto es que, al decir de los propios enfermos, psiquiatras y familiares, la tioridacina era por sí sola tan eficaz, al menos, como el medicamento más la psicoterapia. Sorprende la integridad de los investigadores ante el imprevisto resultado de sus experimentos. (Es poco probable que haya un sólo experimento capaz de convencer a los jefes de fila de muchas doctrinas políticas o religiosas de la superioridad de una doctrina antagonista.)

Una serie de investigaciones llevadas a cabo recientemente muestra que las endorfinas, moléculas proteínicas de escaso volumen que se forman por generación espontánea en el cerebro de las ratas y otros mamíferos, pueden provocar en estos animales una marcada rigidez muscular y sumirlos en un torpor que recuerda el estado catatónico del esquizofrénico. Todavía desconocemos si la esquizofrenia, antaño padecida por uno de cada diez enfermos internados en los hospitales estadounidenses, tiene un origen molecular o neurológico, pero no es improbable que algún día podamos determinar con exactitud qué componentes o qué sustancias neuroquímicas son causantes de este desarreglo mental.

Los experimentos llevados a cabo por Grinspoon y colaboradores han suscitado un singular dilema en el campo de la ética profesional. En la actualidad los sedantes que se administran a los esquizofrénicos son de tal eficacia que, por norma, se considera inmoral retirárselos al paciente. De ello se sigue que los experimentos realizados para demostrar la

eficacia de un sedante no pueden repetirse, pues se considera una crueldad innecesaria negar al paciente el tratamiento que más contribuye a mejorar su condición y, en consecuencia, es difícil poder experimentar con un grupo de esquizofrénicos privado de dichos medicamentos. Si los experimentos críticos de la quimioterapia de los desórdenes cerebrales sólo pueden realizarse una sola vez, es obvio que deberán hacerse tomando toda clase de garantías para no cometer equivocaciones.

Un ejemplo todavía más sorprendente de este tipo de quimioterapia es el uso del carbonato de litio en el tratamiento de los maníaco-depresivos. La ingestión de dosis de litio cuidadosamente controladas —el litio es el metal más simple y de menor peso específico que se conoce— alivia considerablemente los síntomas de esta terrible enfermedad, siempre según el testimonio del paciente y de los que cuidan de él. Se ignoran los motivos con los cuales una terapia tan sencilla produce efectos tan contundentes, pero lo más probable es que tenga que ver con la química enzimática del cerebro.

Una de las más raras dolencias mentales es la llamada enfermedad de Gilles de la Tourette (que toma el nombre, como es habitual, no del personaje más célebre que la padeció, sino del médico que la identificó como tal). Uno de los muchos trastornos motores y del lenguaje que componen los síntomas de esta dolencia es una manifiesta compulsión a proferir —en el idioma en que el paciente se exprese con más fluidez— una sarta ininterrumpida de imprecaciones y obscenidades. Los médicos aluden a la identificación de esta enfermedad como la «diagnos del pasillo». No sin grandes dificultades el paciente logra dominar su compulsión durante el intervalo de una corta visita médica, pero tan pronto abandona el consultorio y sale al pasillo prorrumpe en un torrente de palabrotas. Sin duda existe en el cerebro un componente que genera las palabras «feas», y es posible que también los simios lo posean.

El hemisferio derecho sólo puede despachar con éxito muy pocas palabras; expresiones de salutación como «hola», «adiós» y... unas cuantas obscenidades selectas. Tal vez la enfermedad de Tourette afecta solamente al hemisferio izquierdo. El antropólogo británico Bernard Campbell, de la Universidad de Cambridge, manifiesta que el sistema límbico está bien acoplado con el hemisferio cerebral derecho, que, como hemos visto, regula mucho mejor las emociones que el hemisferio izquierdo. Aparte de otros contenidos, las palabras soeces implican emociones intensas. Sin embargo, y a pesar de su complejidad, la enfermedad de Gilles de la Tourette parece ser una deficiencia específica de una sustancia química que actúa de transmisor de neuronas y puede aliviarse en gran manera mediante dosis cuidadosamente reguladas de haloperidol.

Según se desprende de las más recientes investigaciones, las hormonas límbicas como el ACTH y la vasopresina pueden incrementar grandemente la capacidad de retención y evocación en los animales. Estos y otros experimentos parecidos apuntan la posibilidad, ya que no del perfeccionamiento integral del cerebro, sí, por lo menos, de unas perspectivas de mejora sustanciales, tal vez modificando la abundancia o regulando la producción de pequeñas proteínas cerebrales. De los ejemplos mencionados se desprende también que los pacientes experimentan una notable disminución del sentimiento de culpa que suele acompañar a una enfermedad mental, carga que rara vez encontramos, pongamos por caso, en los enfermos de sarampión.

La notable fisuración, las circunvoluciones y pliegues corticales del cerebro, así como el hecho de que encaje tan ajustadamente en el cráneo, hacen altamente improbable un aumento suplementario de la masa cerebral. La masa cerebral y la bóveda craneal sólo sufrieron un aumento en fase evolutiva reciente dadas las limitaciones que imponía la pelvis y el canal del parto. Con todo, la práctica de la cesárea, muy rara hace dos mil años, pero muy común en nuestros días, permite que nazcan individuos con mayor volumen cerebral. Otra posibilidad radica en el perfeccionamiento de una tecnología médica que permita el desarrollo integral del feto fuera del útero materno. Sin embargo, el ritmo del cambio evolutivo es tan lento que no cabe pensar en la superación de los problemas que hoy nos asaltan mediante un incremento notable del neocórtex que, consiguientemente, se tradujera en la generación de individuos dotados de un mayor grado de inteligencia. Pero antes de que llegue este momento, aunque no en un futuro inmediato, cabe dentro de lo posible que la neurocirugía potencie aquellos componentes cerebrales que nos parezcan más idóneos e inhiba la acción de aquellos otros que tal vez son causa de algunos de los peligros y contradicciones con que se enfrenta la humanidad. De todos modos, la complejidad y la redundancia de las funciones cerebrales imposibilitan que todo ello se lleve a la práctica en un corto lapso de tiempo, aun en el supuesto de que fuera socialmente apetecible. Lo más probable es que lleguemos antes a elaborar los genes que a remodelar el cerebro.

A veces se indica que este género de experimentos ponen en manos de gobernantes poco escrupulosos, y los hay en cantidad, instrumentos que les permiten oprimir todavía más a sus subditos. No es difícil, por ejemplo, pensar en un gobierno que aplique por sistema cientos de pequeños electrodos a los centros del «placer» y del «dolor» en el cerebro de los neonatos, electrodos capaces de ser estimulados por radio y a gran distancia, quizá utilizando frecuencias de onda o códigos de acceso sólo conocidos por las autoridades del país en cuestión. Cuando el niño fuera ya un adulto el gobierno estaría en condiciones de estimular, si así lo deseara, sus centros de placer caso de haber cumplido con la porción de trabajo asignada sin desviacionismos ideológicos, en caso contrario, podría optar por estimular sus centros de dolor. Aun cuando se trata de una visión dantesca, no creo que sea un argumento contra los experimentos en torno a la estimulación eléctrica del cerebro; más bien constituye un argumento en contra de la gestión estatal de los hospitales. En el momento en que la comunidad social permitiera a sus gobernantes implantar el uso de estos electrodos puede decirse que tendría la batalla perdida y tal vez, incluso, que merece lo que le viene encima. Como siempre que entran en juego este tipo de pesadillas tecnológicas hay que intentar, ante todo, anticiparse lo más posible a los acontecimientos, educar a la ciudadanía en el buen uso de estos medios e impedir su empleo desorbitado por parte de las autoridades o el lastre de un exceso de organización y de burocracia en su utilización.

Existe ya una amplia gama de drogas psicotrópicas que inciden en el estado de ánimo del individuo y que son, en diverso grado, peligrosas o beneficiosas (el alcohol etílico es quizás una de las más usadas y una de las más peligrosas). Al parecer actúan en áreas específicas del complejo R, del sistema límbico y del neocórtex. Si continúa la actual tendencia, aunque no exista incitación gubernamental, la gente proseguirá sintetizando estas drogas en laboratorios caseros y experimentando por su cuenta con ellas, hecho que representa un pequeño paso adelante en nuestro conocimiento del cerebro, de sus disfunciones y de sus posibilidades latentes.

Existen motivos para creer que muchos alcaloides y otros medicamentos afectan a nuestros actos en razón de su semejanza química con pequeñas proteínas naturales del cerebro como las endorfinas. Muchas de estas proteínas actúan sobre el sistema límbico e interesan a nuestro estado emocional. En la actualidad es posible sintetizar pequeñas proteínas compuestas por una secuencia cualquiera de aminoácidos. Así, es probable que en breve se pueda sintetizar una gran variedad de moléculas capaces de inducir en el hombre múltiples estados emocionales, incluso aquellos que se dan raras veces. Por ejemplo, existen indicios de que la atropina —uno de los principales ingredientes activos de la cicuta, el digital, la belladona y ciertas plantas de agua dulce— produce la sensación de estar volando, y de hecho estas plantas sirvieron en su día a las brujas medievales para preparar ungüentos que luego se aplicaban a la mucosa genital y que lejos de permitirles volar en sus escobas, como decían, se limitaban a sumirlas en alucinaciones inducidas por la atropina. Sin embargo, la vivida alucinación de estar volando es una sensación muy específica causada por una molécula relativamente simple. Tal vez llegue a sintetizarse una gama de pequeñas proteínas que susciten en el individuo estados emocionales nunca experimentados con anterioridad. Es esta una de las múltiples expectativas a corto plazo en el ámbito de la química cerebral, llena de promesas tanto en lo positivo como en los aspectos negativos. Todo dependerá del buen criterio que demuestren los que dirigen, controlan y aplican esta investigación.

Cuando salgo de la oficina y me siento al volante, me doy cuenta de que a menos que realice un esfuerzo consciente lo más probable es que me encamine en derechura a casa, y a la inversa, cuando salgo de casa y me subo al coche, si no realizo un esfuerzo similar, una parte de mi cerebro ordena los acontecimientos de forma que acabe dirigiéndome a la oficina. Si cambio de residencia o de lugar de trabajo, tras un corto periodo de aprendizaje las nuevas ubicaciones sustituyen a las anteriores, y sea cual fuere el mecanismo cerebral que regula mis actos, el caso es que se ha adaptado fácilmente a las nuevas coordenadas. Estos hechos equivalen a la autoprogramación de una parte del cerebro que funciona como un computador digital. La comparación cobra aún mayor realce en el momento en que nos damos cuenta de que los epilépticos a los que sobreviene un trastorno psicomotor se comportan exactamente igual, tal vez con la única diferencia de que se saltan unos cuantos semáforos rojos más que yo, pero de modo que al remitir el ataque no conservan un recuerdo consciente de sus actos. Este género de automatismos es un síntoma típico de la epilepsia del lóbulo temporal y, también, un rasgo característico de mi primera media hora de vigilia por las mañanas. A decir verdad no todas las partes del cerebro funcionan como un simple computador digital. Por ejemplo, la parte que realiza la reprogramación es bastante diferente. Sin embargo, existen suficientes similitudes para pensar que es posible arbitrar constructivamente un arreglo eficaz y compatible entre los computadores electrónicos y, por lo menos, algunos componentes cerebrales unidos en una estrecha asociación neurofisiológica.

El neurofisiólogo español José Rodríguez Delgado ha ideado una serie de bucles de realimentación idóneos entre electrodos implantados en cerebros de chimpancé y computadores electrónicos situados a gran distancia. La comunicación entre el cerebro y el computador se logra mediante una conexión por radio. Hoy en día la miniaturización de los computadores electrónicos ha llegado a un punto en que este tipo de bucles de realimentación pueden ser *hardwired*, y no se precisa de conexión por radio con una alejada terminal de computador. Por ejemplo, es enteramente posible proyectar un bucle de realimentación autónomo que permita detectar la inminencia de un ataque epiléptico y estimular automáticamente los centros cerebrales correspondientes para prevenir o atemperar el ataque. Todavía no hemos llegado al punto de poder recurrir a este método con plenas garantías, pero todo parece indicar que estamos camino de conseguirlo.

Tal vez algún día sea posible añadir al cerebro una variedad de artilugios protéticos cognoscitivos e intelectuales, calar una especie de gafas a la mente. Ello estaría en la línea de la evolución por acrecentamiento que ha conocido el proceso de cerebración, y con toda seguridad es más factible que intentar reestructurar el cerebro tal como está conformado actualmente. Es posible que algún día puedan implantarse quirúrgicamente en el cerebro pequeños módulos intercambiables de computador o terminales de radio que nos enseñen a hablar rápida y fluidamente vasco, urdú, amárico, ainú, albano, nu, hopi, kung o el lenguaje de los delfines; que nos dé a conocer los valores numéricos de la función gamma incompleta o de los polinomios de Tchebycheff; que nos muestre la historia natural relativa a las facultades rastreadoras de los animales, que dictamine cuáles son los precedentes legales sobre la propiedad de las islas flotantes, o que facilite, aunque sea temporalmente, la telepatía por ondas radioeléctricas entre varios individuos en una forma de asociación simbiótica antes desconocida para nuestra especie.

Sin embargo, la prolongación real de las facultades de nuestro cerebro, en especial de aquellos aspectos genuinamente humanos regulados por el neocórtex, está ya a punto de consumarse. Algunos de ellos son tan antiguos que ni siquiera recordamos que se hayan configurado. La existencia de un entorno cultural estimulante y no represivo para los niños representa un instrumento educativo muy eficiente y prometedor. El lenguaje escrito es un notable invento que en esencia no es otra cosa que un simple mecanismo para la acumulación y recuperación de una muy compleja información. La cantidad de información contenida en una biblioteca de grandes proporciones supera con mucho el volumen de información que contienen el genoma o el cerebro humanos. Desde luego, los datos no están tan eficazmente almacenados como en los órganos biológicos, pero a pesar de todo su condensación se mantiene dentro de

unos márgenes útiles, y los avances en el campo del microfilm, las microfichas y otros elementos auxiliares por el estilo han ampliado en gran manera la capacidad de almacenamiento de información por parte del hombre. Si trasladamos al gráfico de la página 32 el número de bits de información contenidos en las bibliotecas, museos y otras instituciones culturales, éstos se plasmarían en un punto situado muchas potencias de 10 más allá del margen derecho del gráfico.

Con todo, la escritura es un elemento mecánico *muy* simple. El computador electrónico es mucho más perfecto y ofrece muchísimas y más prometedoras posibilidades de almacenamiento y procesamiento de información extrasomática. Para hacernos una idea del nivel de perfección alcanzado por tales computadores y los programas con que operan, baste decir que en la actualidad juegan inmejorablemente al tres en raya, emulan a los mejores jugadores de damas, son expertos ajedrecistas y conducen una sesión de psicoterapia de manera aceptable. En la actualidad existe un nuevo computador capaz de transcribir al papel pautado una partitura clásica o una melodía cualquiera interpretada en directo. Ni que decir tiene que la capacidad de almacenaje y velocidad de procesamiento de la información mediante computador es realmente portentosa.

Un buen ejemplo del servicio que hoy puede prestar un ordenador programado con fines psicoterapéuticos (téngase presente que hay todavía cantidad de programas mucho más complejos y mejor estructurados), lo constituye un programa de psicoterapia no dirigida elaborado por Joseph Weizenbaum, del Instituto Tecnológico de Massachusetts. Concluida la confección del programa psicoterapéutico el ordenador fue confrontado a un psiquiatra que se relacionaba con aquél mediante el teclado de una consola conectada al computador. Las palabras del psiquiatra aparecen transcritas en letras de caja baja y las del ordenador-terapeuta en caracteres de caja alta. Probablemente la idea era que el diálogo tuviera un carácter heurístico, pero la cosa seguramente se frustró por culpa del... psiquiatra. La conversación entre el psiquiatra-paciente y el computador-terapeuta se inicia del siguiente modo:

doctor, tengo algo terrible que contarle.

DICE USTED QUE TIENE ALGO TERRIBLE QUE CONTARME.

sí, en el M.I.T. *Massachusetts Institute of Technology* hay un computador con un programa que va a terminar con nosotros.

¿POR QUÉ DICE USTED ESO?

porque lo he visto actuar.

DICE USTED QUE LO HA VISTO ACTUAR.

es espantoso; debería verlo.

CREE USTED QUE DEBO VERLO.

tengo la sensación de que está usted deprimido.

QUIZÁS EN SU IMAGINACIÓN LE PAREZCA QUE CADA UNO DE NOSOTROS ENCUENTRA DEPRIMIDO AL OTRO.

sí; puede ser.

COMPREENDO.

también yo.

DICE USTED QUE TAMBIÉN.

a los dos nos afecta por igual lo de ese computador.

BIEN, SIGAMOS HABLANDO DE USTED, ¿LE PARECE?

me reconforta usted.

¿QUÉ LE HACE PENSAR QUE YO LE CONFORTO?

pues que en los tiempos que corren quiera usted hablar conmigo.

¿QUÉ LE HACE PENSAR QUE QUIERO HABLAR CON USTED?

pues el hecho de que comparta usted mi opinión respecto a ese maldito computador.

¿QUÉ CONCLUSIÓN SACA DE ELLO?

que, por supuesto, también usted detesta a los computadores.

PIENSA USTED QUE YO DETESTO TAMBIÉN A LOS COMPUTADORES.

y por qué no sí, a fin de cuentas, no son humanos, ¿no le parece?

QUIZÁ SEA ESTE EL MOTIVO POR EL QUE ESTAMOS AQUÍ, PARA AVERIGUARLO.

por ejemplo, ningún computador podría conversar como usted lo

hace.

¡OH!

no entiendo cómo una persona puede dejarse embaucar por una

simple máquina.

¿DE VERAS?

no, después de todo, un programa de computador no es creativo.

ADOPTA USTED UNA ACTITUD PESIMISTA.

estoy convencido de que tengo razón.

¿LE PREOCUPA A USTED HABERSE DEJADO CONVENCER DE QUE TIENE RAZÓN?

no, en absoluto, de ninguna manera, ni en lo más mínimo.

ESTÁ USTED ADOPTANDO UNA ACTITUD PESIMISTA.

dijo usted que estaba de acuerdo conmigo, ¿no es cierto?

ES REALMENTE ESO LO QUE ME OYÓ DECIR.

¿por qué no trata de disuadirme? los computadores manejan números y nada más.

QUIERE USTED QUE TRATE DE DISUADIRLE.

no puede.

CREE USTED QUE NO PUEDO.

por ejemplo, ¿cómo podría un computador en una conversación como esta plantear un nuevo tema?

AL PARECER HA OLVIDADO POR COMPLETO HABLARME DE SUS PADRES.

exactamente lo mismo que usted.

CREE USTED QUE LO MISMO QUE YO.

sí, y eso demuestra la diferencia que hay entre un hombre y un computador.  
COMPRENDO.

El computador-psiquiatra carece de erudición, de una formación profesional, de sensibilidad y de la intuición propia del hombre; es un artefacto inerte (¿cómo no!), prácticamente insensible a los matices emocionales y a las formas de expresión no verbales. Pese a ello ha sido capaz de sostener una conversación más inteligente de lo que serían capaces muchos individuos. Su respuesta cuando se le habla de introducir «un nuevo tema» en la conversación es realmente asombrosa, pero muy probablemente se trate de una respuesta casual. Sin duda el programa ha sido proyectado para poner atención a palabras tales como «madre», «padre», etc. Si transcurrido un cierto intervalo en el reloj del computador estas palabras no han sido pronunciadas, el programa está concebido para iniciar la frase con el «parece que ha olvidado usted...». El hecho de que apareciera en un momento oportuno induce en cierto modo a pensar que el computador es capaz de adentrarse y de profundizar en las cuestiones.

Pero ¿qué otra cosa es el juego de la psicoterapia sino una muy compleja y estudiada serie de respuestas ante múltiples situaciones humanas? ¿Acaso el psiquiatra no está también preprogramado para emitir ciertas respuestas? Es obvio que la psicoterapia no dirigida requiere programas de computador muy sencillos y que darles una apariencia de sutileza exige tan sólo programas un poco más estudiados. Con ello no pretendo en modo alguno desacreditar a la profesión psiquiátrica, sino más bien augurar el advenimiento de la inteligencia mecánica. De todos modos, los computadores todavía no han alcanzado, ni con mucho, el nivel de desarrollo adecuado para proceder al empleo generalizado de la psicoterapia computadorizada. Por otra parte, no me parece utópico pensar que el día de mañana contaremos con terapeutas computadorizados en extremo pacientes, fácilmente asequibles y, al menos en lo que respecta a ciertas cuestiones, suficientemente preparados para resolverlas. Existen ya algunos programas que gozan de gran estima entre los pacientes porque éstos se han dado cuenta de que el psicoterapeuta mecánico es objetivo y en extremo pródigo con su tiempo.

Actualmente se están construyendo en los Estados Unidos computadores capaces de detectar y diagnosticar sus propios desajustes. Tan pronto se aprecien errores operativos con carácter sistemático, los componentes causantes de los mismos serán automáticamente sustituidos o inutilizados. La congruencia interna se verificará mediante operaciones reiteradas a través de programas normalizados cuyos resultados son previamente conocidos; las reparaciones correrán a cargo principalmente de componentes redundantes. Existen ya algunos programas —por ejemplo, en los computadores que juegan al ajedrez— capaces de aprender de la experiencia y de otros computadores. Conforme pasa el tiempo los ordenadores electrónicos ganan en inteligencia, y cuando los programas sean tan complejos que sus inventores no estén en condiciones de anticipar con rapidez toda la gama de posibles respuestas, las máquinas tendrán la apariencia, si no del discurso racional, sí por lo menos del libre albedrío. El computador del módulo de descenso del *Viking* que alcanzó la superficie de Marte, con una memoria de únicamente 18000 palabras, revestía ya este nivel de complejidad, es decir, que no siempre sabemos cuál va a ser la respuesta del computador a una instrucción concreta. Si lo supiéramos, entonces sí cabría afirmar que se trata «solamente» o «simplemente» de un computador. Pero en caso contrario, empezamos a preguntarnos si realmente se trata de un artefacto inteligente.

La situación guarda relación con la glosa de una fábula de la que se hicieron eco Plutarco y Plinio y que se ha transmitido con el correr de los siglos. En ella se habla de un perro que husmeando en busca del rastro de su amo llegó a un punto del camino que se bifurcaba en tres ramales. El can se dirigió primero a la senda de la izquierda y olfateó en vano; se detuvo y enfiló luego el camino de en medio, recorriendo un corto trecho, para regresar, siempre husmeando, al punto de partida. Finalmente, sin olfatear siquiera, emprendió veloz y jubilosa carrera por el ramal de la derecha.

Comentando esta fábula, Montaigne arguye que muestra clara mente la capacidad del perro para razonar silogísticamente: Mi amo ha tomado por una de estas sendas; no es la de la izquierda ni la del centro; luego debe ser la de la derecha. No necesito corroborar esta conclusión mediante el olfato, sino que la deduzco directamente por la vía de la lógica.

La posibilidad de que los animales pudieran ser capaces de razonar de este modo, aunque quizá de forma no tan coherente, llegó a inquietar a muchos estudiosos. Incluso mucho antes que Montaigne, santo Tomás de Aquino intentó sin éxito resolver el dilema y citó el ejemplo del perro con tono admonitorio, como demostración de que a veces no hay inteligencia pura, sino sólo la apariencia de ella. Santo Tomás de Aquino, sin embargo, no ofreció una alternativa satisfactoria que explicase la conducta del perro. Es obvio que en los pacientes con el cerebro «seccionado» puede darse un análisis lógico realmente profundo acompañado de la incapacidad de expresarse verbalmente.

Al considerar la inteligencia de la máquina nos hallamos en una situación parecida. A la sazón, las máquinas están traspasando un importante umbral, el que les permite, al menos hasta cierto punto, presentarse ante el hombre, objetivamente, como artefactos provistos de inteligencia. Bien sea por una especie de chovinismo humano, bien por un antropocentrismo mal entendido, muchos sujetos no acaban de aceptar esta posibilidad. Pero a mí me parece inevitable. Personalmente no considero en modo alguno degradante que el conocimiento y la inteligencia sean resultado de la «simple» materia suficiente y diversamente ordenada. Por el contrario, entiendo que ello es un tributo a la sutileza de la materia y a las leyes de la naturaleza.

En modo alguno se deduce de ello que en un futuro cercano los computadores vayan a exhibir las mismas dotes creativas, la misma sutileza, sensibilidad y erudición que el hombre. Un ejemplo clásico y probablemente equívoco es el de la traducción mecánica. Se introduce en la unidad de entrada un texto en una lengua determinada y el computador ofrece la transcripción en otro idioma; en chino, pongamos por caso. Se dice que al término de la elaboración de un complejo programa de traducción los responsables, orgullosos de su labor, invitaron a una delegación en la que figuraba un senador del congreso federal de los Estados Unidos para que presenciara una demostración. Se pidió al



senador que enunciase un dicho popular en inglés, y éste, sin pensarlo dos veces, largó la cita de «ojos que no ven, corazón que no siente» (*out of sight, out of mind*). Dócilmente, entre el chasquido de los discos y el parpadeo de las luces del panel de mando, la máquina liberó una hoja en la que aparecían impresos unos pocos caracteres chinos. Pero como el senador no podía leer chino, con objeto de completar la prueba se procedió a invertir el programa introduciendo primero el texto redactado en chino, que apareció tras unos instantes en la unidad de salida traducido al inglés. Los componentes de la delegación se apretujaron de nuevo en torno a la hoja de papel para leer la transcripción, que en un principio les sumió en la perplejidad. En efecto, el texto decía escuetamente: «invisible, idiota».

Traducción literal de *out of sight, out of mind*. (N. del t.)

Los programas de que disponemos en la actualidad son tan sólo relativamente competentes, incluso en cuestiones que, como el ejemplo aducido, no demandan demasiada sutileza. Sería un desatino dejar que los computadores, en su presente estadio tecnológico, tomaran las decisiones importantes, y no porque no pueda reconocérseles cierto grado de inteligencia, sino porque siendo a veces los problemas muy complejos, no se les facilita toda la información pertinente. Ejemplo ilustrativo del abuso flagrante que se ha hecho de los computadores lo tenemos en el papel que se les asignó tanto en la conducción de la política como de las operaciones militares durante la guerra de Vietnam. Pero en contextos razonablemente restringidos, el uso de la inteligencia artificial por parte del hombre parece erigirse en uno de los dos principales y viables progresos que en materia de inteligencia humana conoceremos en un futuro cercano. (El otro es un mayor enriquecimiento del medio cultural en que se mueve el niño antes y durante la etapa de formación escolar.)

Aquellos no familiarizados desde niños con los computadores suelen sentir cierto recelo hacia ellos. El archidivulgado caso del computador maniaco encargado de la facturación, que no acepta ni el «sí» ni el «no» como respuesta y que sólo se daba por satisfecho cuando recibía un cheque por valor de cero dólares y cero centavos, no puede convertirse en símbolo representativo de toda la gama de ordenadores. Para empezar se trata de un computador poco «dotado» y sus errores son, en realidad, los errores de los hombres que lo programaron. El uso creciente que se observa en Norteamérica de los circuitos integrados y de los computadores de pequeño tamaño para incrementar la seguridad de los vuelos aeronáuticos, en la enseñanza programada, en los marcapasos para enfermos cardíacos, en los juegos electrónicos, las alarmas contra incendios estimuladas por el humo y las fábricas totalmente automatizadas, para referirnos tan sólo a unas cuantas de sus aplicaciones, ha contribuido en gran manera a paliar la aprensión que hasta el momento rodeaba a tan moderna innovación. En la actualidad hay en el mundo unos doscientos mil computadores digitales, y dentro de una década habrá muy probablemente decenas de millones. Estoy convencido de que en el lapso de una generación se hablará de los computadores con absoluta naturalidad o, por lo menos, como de un aspecto común de nuestra vida cotidiana. Tómese en cuenta, por ejemplo, la aparición de los llamados computadores de bolsillo. En mi laboratorio tengo un computador del tamaño de una mesa escritorio que compré con los fondos de una beca de ayuda a la investigación concedida a finales de los sesenta y que salió por un precio de 4.900 dólares. Tengo, también, otro producto del mismo fabricante; se trata de un computador que cabe en la palma de la mano y que compré en 1975. Realiza todas las funciones del anterior; cabe destacar en él la posibilidad de programar los datos y sus diversas memorias dirigibles. La diferencia estriba en que este último sólo cuesta 145 dólares, y los precios van disminuyendo a un ritmo que le deja a uno pasmado. El hecho representa un avance espectacular en materia de miniaturización y reducción de costos, y todo ello en un periodo de seis o siete años solamente. A decir verdad, actualmente el tamaño de los computadores no conoce más límites que los derivados de tener que adaptarse a la torpe pulsación de los dedos del hombre. De no ser por esa circunstancia podrían fabricarse computadores del tamaño de la uña de un dedo. El ENIAC, el primer computador digital de gran tamaño, construido en 1946, comprendía 18.000 tubos de vacío y llenaba toda una estancia. Hoy, empero, un microcomputador constituido por una laminilla de sílice del tamaño de la falange más pequeña del dedo meñique posee la misma capacidad funcional.

Los circuitos de dichos computadores transmiten la información a la velocidad de la luz. En el hombre, la transmisión neuronal es un millón de veces más lenta. El hecho de que en las operaciones no aritméticas el cerebro humano, más pequeño y menos rápido, opere con mayor eficacia que los grandes y rapidísimos computadores electrónicos constituye un formidable tributo a la sutileza con que ha sido circuitado y programado nuestro cerebro, dos rasgos que, evidentemente, hay que atribuir al proceso de selección natural. Los especímenes que poseían cerebros deficientemente programados no vivieron lo suficiente para poder reproducirse.

Las representaciones gráficas obtenidas mediante computador han alcanzado hoy en día un grado tal de perfección que se abre ante nosotros toda una nueva e importante perspectiva de aprendizajes en el campo de las artes y de las ciencias, así como en lo tocante a los dos hemisferios cerebrales. Mucha gente, por lo demás bien dotada para realizar funciones analíticas, posee una muy pobre percepción e imaginación de las relaciones espaciales, sobre todo en el ámbito de la geometría tridimensional. Pues bien, hoy disponemos de programas para ordenador que pueden componer de forma gradual complejas formas geométricas ante nuestros ojos y hacerlas rotar sobre una pantalla de televisión conectada al computador.

En el caso concreto de la Universidad de Cornell, ha sido Donald Greenberg, de la Facultad de Arquitectura, quien ha proyectado uno de estos sistemas. El programa que ha elaborado permite trazar una serie de líneas equidistantes que el computador traduce en gradientes de nivel. Luego, pulsando una de las múltiples instrucciones posibles señalizadas en la pantalla, ordenamos la composición de complicadas figuras tridimensionales que podemos agrandar o empequeñecer, prolongar en una dirección dada, girar, aproximar a otros objetos o borrar en alguna de sus partes

(véanse las figuras de las páginas 220-221). Es este un instrumento de extrema eficacia para incrementar la visualización de las formas tridimensionales, factor de suma utilidad en las artes gráficas, la ciencia y la técnica. También constituye un excelente ejemplo de cooperación entre los dos hemisferios cerebrales. En efecto, el computador, que es una construcción suprema del hemisferio izquierdo, nos enseña cómo proceder al reconocimiento de configuraciones, función característica del hemisferio derecho.

Ejemplo de una sencilla representación gráfica computerizada. Las figuras son resultado exclusivo del trazado a pulso de curvas equidistantes sobre una pantalla de televisión. El computador convierte estos trazos en imágenes tridimensionales alzadas desde cualquier ángulo, directamente de la composición abstracta en la figura de la izquierda, formando ángulo en la imagen de la derecha. La torre ha sido «entre tejida» automáticamente; en el diagrama de la derecha se desplaza hacia el lector. El observador, además de poder girar la imagen a su antojo y de acercarla o alejarla a su placer, puede requerir el trazado de imágenes dinámicas ortogonales, en perspectiva o estereoscópicas. (Programa WIRE ideado por Marc Levoy, Laboratorio de Diagramación Computerizada de la Universidad de Cornell.)

Otros programas de computador presentan proyecciones bidimensionales (planas) y tridimensionales (en perspectiva) de objetos cuatridimensionales. Conforme éstos van girando o a medida que cambia la perspectiva desde la que visualizamos el objeto, no sólo lo contemplamos desde otros ángulos, sino que tenemos la sensación de estar asistiendo a la síntesis y destrucción de subunidades geométricas en su integridad. El efecto que ello produce es misterioso e instructivo a la vez, y ayuda a desentrañar algunos de los misterios de la geometría cuatridimensional. Pienso que nuestro aturdimiento es inferior al que experimentaría una supuesta criatura plana al toparse con una típica proyección (dos cuadrados uni dos por uno de sus ángulos) de un cubo tridimensional sobre una superficie plana. Las dificultades con que el artista viene tropezando desde siempre para plasmar el sentido de la perspectiva —es decir, la proyección de objetos tridimensionales sobre la superficie plana del lienzo— se clarifican enormemente con los diagramas trazados por el computador. Es obvio que constituye, también, un instrumento de la mayor importancia para resolver los problemas eminentemente prácticos que plantea la representación gráfica tridimensional de los planos de edificios — que el arquitecto proyecta en dos dimensiones— desde los ángulos y perspectivas más ventajosos.

La diagramación computerizada comienza a extenderse al terreno recreativo. Existe ya un juego muy popular que simula, en el marco de una pantalla de televisión, el bote de una pelota perfectamente elástica entre dos superficies o demarcaciones. Cada jugador dispone de un mando que le permite interceptar la pelota con una «raqueta» móvil. Si aquél no intercepta la pelota suma un cierto número de puntos negativos. Se trata de un juego muy interesante y su práctica entraña el aprendizaje de la segunda ley de Newton sobre el movimiento lineal. Jugando al «tenis», el sujeto obtiene un profundo conocimiento intuitivo de la más simple física newtoniana, un conocimiento superior incluso al que proporciona el clásico ejemplo de la carambola de billar, puesto que en ella los choques distan mucho de tener una elasticidad perfecta y el efecto que se imprime a la bola implica otras nociones físicas más complicadas.

Esta especie de acumulación de información es precisamente lo que llamamos juego, con lo que se nos revela la importante función que éste desempeña: la obtención, ajena a toda consideración de índole práctica, desuna visión global del mundo que es a la vez complemento y preparación para ulteriores actividades de orden analítico. Los computadores permiten el juego y el recreo en medios que de otra manera serían completamente inaccesibles a la mayoría de estudiantes.

Un ejemplo todavía más interesante lo constituye el juego llamado «guerra en el espacio», cuyas excelencias y modalidades tan bien ha narrado Stuart Brand en los periódicos. En él, cada bando controla uno o más «vehículos espaciales» que se disparan misiles recíprocamente. Tanto los movimientos de las naves como de los proyectiles se rigen por determinadas normas, como, por ejemplo, un campo gravitatorio generado por un «planeta» cercano proporcional al inverso del cuadrado de la distancia al mismo. Para destruir el vehículo espacial del contrario es preciso demostrar un conocimiento de la gravitación newtoniana al mismo tiempo intuitivo y concreto. Aquellos de nosotros que no tenemos oportunidad de participar en vuelos interplanetarios encontramos dificultades para que el hemisferio derecho asimile la idea de gravitación newtoniana. El juego en cuestión puede suplir esta deficiencia.

Ambos pasatiempos, el «tenis» y la «guerra en el espacio», sugieren una elaboración gradual de diagramas computerizados, con lo que se obtiene un conocimiento experimental e intuitivo de las leyes de la física. Éstas se formulan casi siempre en términos analíticos y algebraicos, es decir, con intervención del hemisferio izquierdo. Por ejemplo, la segunda ley de Newton se escribiría  $F = Ma$ , y la ley de gravitación  $F = GMm/r^2$ . Estas representaciones analíticas son de extrema utilidad y es realmente notable que el universo esté concebido de tal forma que el movimiento de los objetos pueda definirse mediante leyes relativamente sencillas. Sin embargo, estas leyes no son más que abstracciones de la experiencia. En esencia, no pasan de ser simples ardidés nemotécnicos para recordar con facilidad un gran número de casos que sería muy difícil retener uno por uno, por lo menos tal como el hemisferio izquierdo concibe la memoria. Los diagramas de computador proporcionan al físico o al biólogo un amplio campo de experiencias respecto de los casos recapitulados por las leyes de la naturaleza, pero tal vez su función más importante sea la de permitir el profano captar de manera intuitiva, aunque no por ello menos profunda, el contenido de las mismas.

Existen muchos programas interactivos de computador que no tienen carácter diagramático y que constituyen un excelente instrumento de aprendizaje. Estos programas pueden ser elaborados por un profesorado competente y, cosa sorprendente, el estudiante mantiene con el «profesor» una relación mucho más individualizada, mucho más personal, que en el marco convencional de una clase. Por otra parte, puede estudiar al ritmo que le convenga sin sentirse incómodo por ello. El Dartmouth College emplea en numerosos cursos la enseñanza programada. Así, un estudiante asimila mejor las estadísticas de la genética mendeliana con una hora de computador que en todo un año de laboratorio realizando cruces con las moscas de las frutas, y una universitaria puede, por ejemplo, investigar qué probabilidades tiene de quedar preñada según los métodos de control que utilice. (El programa conlleva una posibilidad sobre diez mil

millones de que la mujer quede embarazada si permanece estrictamente célibe, con lo cual incluso toma en cuenta las contingencias que rebasan el nivel actual de los conocimientos médicos.)

En el recinto universitario de Darmouth, la terminal del computador es un instrumento didáctico más entre muchos. Un elevado porcentaje de alumnos aprenden no sólo a utilizar estos programas, sino también a elaborar los que mejor se adapten a sus conveniencias. Los estudiantes ven el trabajo con el computador como un esparcimiento y no como una obligación impuesta, y son muchos los colegios universitarios y las universidades en trance de imitar, e incluso ampliar, la práctica seguida en Darmouth. El hecho de que este colegio universitario marche en cabeza de la iniciativa se debe a la circunstancia de que su presidente, John G. Kemeny, es un destacado especialista en informática, inventor de un sencillísimo lenguaje para computadores denominado BASIC.

El Lawrence Hall of Science es una especie de museo dependiente de la Universidad de Berkeley, California. En el sótano del edificio hay una estancia bastante modesta con alrededor de una docena de terminales de computador, cada una de las cuales está acoplada a un minicomputador de uso compartido situado en otro lugar del edificio. La utilización de estas terminales se alquila por una módica cuota y pueden obtenerse con sólo una hora de anticipación. La clientela está integrada básicamente por adolescentes, algunos de los cuales tienen menos de diez años. Uno de los sencillísimos programas interactivos que el alumno puede utilizar es el juego conocido como «Hang-man» (juego del ahorcado). Para ello basta componer en un muy sencillo teclado el código «XEQ-SHANG». El computador transcribe:

(VERDUGO)

¿QUIERES SABER LAS REGLAS?

Si el jugador mecanografía «sí», la máquina prosigue:

ADIVINA UNA LETRA DE LA PALABRA QUE ESTOY PENSANDO. SI ACIERTAS  
TE LO INDICARÉ, PERO SI FALLAS (JA, JA) JESTARÁS MÁS CERCA (JI, JI)  
DE MORIR COLGADO!  
LA PALABRA CONSTA DE OCHO LETRAS  
¿YES?...

Supongamos que el jugador compone la respuesta: «E». El computador imprime:

-----E

Si el jugador falla en la respuesta, el computador imprime un llamativo grafismo (dentro de las limitaciones que impone la gama de signos disponibles) que representa una cabeza humana. En adelante el juego se convierte en una carrera entre la palabra, que se va completando progresivamente, y la figura cada vez más perfilada de un hombre en trance de ser ahorcado.

En las dos partidas de «Hangman» que recientemente tuve ocasión de presenciar las respuestas correctas eran «VARIABLE» y «THOUGHT». Si el jugador gana la partida, el programa, fiel a su papel de villano de mentirijillas, imprime en la hoja de respuesta una serie de caracteres no alfabéticos como los que suelen aparecer en las historietas cómicas para indicar una maldición o juramento y, acto seguido, teclea:

CANALLAS, ME HABÉIS VENCIDO.

¿DESEAS OTRA OPORTUNIDAD PARA MORIR?

Algunos programas están redactados en un tono menos familiar, como, por ejemplo, el «XEQ-SKING», que empieza con esta perorata:

ESTAMOS EN EL ANTIGUO REINO DE SUMERIA Y TÚ ERES SU VENERABLE GOBERNANTE. LA SUERTE DE LA ECONOMÍA DE SUMERIA Y DE SUS LEALES SUBDITOS ESTÁ ENTERAMENTE EN TUS MANOS. TODOS LOS AÑOS TU GRAN MINISTRO, HAMMURABI, TE INFORMARÁ SOBRE EL MOVIMIENTO DE POBLACIÓN Y LA ECONOMÍA. SI UTILIZAS LOS DATOS QUE TE SUMINISTRA PODRÁS DISTRIBUIR CON SABIDURÍA LOS RECURSOS QUE PRECISA TU REINO. ALGUIEN HA ENTRADO EN LA CÁMARA DEL CONSEJO...

Acto seguido, Hammurabi suministra al jugador estadísticas pertinentes sobre el número de hectáreas de terrenos comunales, fanegas por hectárea recolectadas el pasado año, número de las que se perdieron por causa de las ratas, cantidad de cereal almacenado, censo actual de la población, habitantes que murieron de inanición el último año y cifras sobre la emigración del campo a la ciudad. Muy amablemente le facilita a uno datos sobre la tasa de intercambio de tierras por alimentos y se interesa por el número de hectáreas de terreno que el jugador desea adquirir. Si la cifra resulta excesiva, el programa advierte:

HAMMURABI: TE RUEGO REFLEXIONES, SOLAMENTE TIENES ALMACENA DAS SESENTA FANEGAS.

Hammurabi se acredita como un gran visir sumamente cortés y paciente. A medida que el computador aumenta la cuenta de los años, el jugador termina por convencerse de que realmente es muy difícil, por lo menos en determinadas economías de mercado, incrementar la población y el número de propiedades agrícolas de un Estado y eliminar a la vez la pobreza y la indigencia.

Entre los muchos programas existentes hay uno, el llamado «Grand Prix Racing», que da opción al jugador a elegir entre una serie de marcas de automóviles, desde el primer modelo de la Ford hasta un Ferrari modelo 1973. Si en determinados tramos del circuito el jugador no alcanza un mínimo de velocidad o de aceleración, pierde la partida, y si peca por exceso, se estrella. Teniendo en cuenta que es preciso dar explícitamente la distancia, velocidad y aceleración, es imposible participar en el juego si no se poseen ciertas nociones de física. La elaboración de nuevas vías para el aprendizaje mediante computadores interactivos no conoce otros límites que el grado de inventiva de los programadores, y en este terreno es muy difícil avanzar conclusiones.

Estatua de Gudea, gobernador neosumerio de Lagash (alrededor del 2150 a.C). Por esta época (tercera dinastía Ur), la escritura cuneiforme, que cubre la túnica de Gudea, se hallaba muy extendida. Durante este período se expandió el comercio marítimo, hubo gran actividad mercantil y se redactó el primer código legal escrito del que se tiene noticia, todo ello en íntima relación con la difusión de la cultura escrita.

Habida cuenta de que la ciencia y la técnica ejercen un considerable influjo en nuestra sociedad y de que ambos campos del saber escapan, o poco menos, a la comprensión de la mayoría de los ciudadanos, el hecho de que tanto los centros de enseñanza como los hogares tengan un acceso poco costoso a los servicios de un computador desempeñará, sin duda, un importante papel de cara a la pervivencia de nuestra civilización.

La única objeción de que tengo constancia acerca del uso generalizado de calculadoras de bolsillo y computadores de pequeño tamaño es la de que, si los niños aprenden a manejarlos a una edad temprana, no asimilan como es debido la aritmética, la trigonometría y otras operaciones matemáticas que la máquina está en condiciones de realizar con mayor rapidez y exactitud que el alumno. Es esta una controversia que se ha suscitado ya en otras épocas.

En el *Fedro* de Platón —y, concretamente, en el diálogo socrático que cito en otra parte del libro relativo a la metáfora del carro, el auriga y los dos caballos— hallamos un delicioso mito sobre el dios Toth, paralelo egipcio de Prometeo. En la lengua del Antiguo Egipto, la frase que designa el lenguaje escrito significa literalmente «la lengua de los dioses».

Según el historiador romano Tácito, los egipcios se jactaban de haber enseñado el alfabeto a los fenicios, «los cuales, siendo señores del mar, lo dieron a conocer a Grecia, con lo que se les otorgó la paternidad de un invento que no era obra suya». Según la leyenda, el alfabeto fue traído a Grecia por Cadmo, príncipe de Tiro, quien andaba en pos de su hermana Europa, raptada por Zeus, padre de los dioses; éste la había raptado bajo la apariencia de un toro para luego conducirla a Creta. Para frustrar toda tentativa de rescate e impedir así que Europa fuese devuelta a Fenicia, Zeus ordenó la construcción de un autómatas de bronce que patrullaba con sigilo la isla y ahuyentaba o hundía todas las naves extranjeras que arribaban a Creta. Pero Cadmo proseguía su búsqueda lejos de allí, en tierras griegas. Un día, un dragón devoró a todos sus hombres. Cadmo dio muerte al animal, y atendiendo los consejos de Atena, el príncipe fenicio sepultó los dientes del dragón en los surcos de un campo arado y cada uno de ellos se convirtió en guerrero. Cadmo y sus hombres fundaron Tebas (de Beocia), la primera ciudad del mundo civilizado, dándole el nombre de una de las dos capitales del antiguo Egipto. Es curioso que en la misma leyenda se recoja el invento de la escritura, la fundación de la civilización griega, la primera referencia conocida a un ser inteligente artificial y la incesante pugna entre el hombre y el dragón.

En él, Toth discute su invención de la escritura con Amón, el dios-rey, quien le refuta con estas palabras:

Tu hallazgo fomentará la desidia en el ánimo de los que estu dian, porque no usarán de su memoria, sino que se confiarán por entero a la apariencia externa de los caracteres escritos y se olvidarán de sí mismos. Lo que tú has descubierto no es una ayuda para la memoria, sino para la memorización, y lo que das a tus discípulos no es la verdad, sino un reflejo de ella. Serán oyentes de muchas cosas y no habrán aprendido nada; parecerán omniscientes, y por lo común ignorarán todo; será la suya una compañía tediosa porque revestirán la apariencia de hombres sabios sin serlo realmente.

Una muestra de los primitivos jeroglíficos egipcios. (Lápida funeraria de la tumba de Sesostri I, en Karnak.)

No me cabe duda de que hay una parte de verdad en la queja de Amón. En nuestro mundo moderno los iletrados siguen derrotados distintos, poseen otro sentido de la autoconfianza y una visión no menos dispar de la realidad. Sin embargo, antes de la invención de la escritura, el saber humano se reducía a lo que una persona o un reducido grupo de individuos acertaba a recordar. A veces se lograba preservar un sustancial acopio de información, como en los Vedas y en los dos grandes poemas épicos de Hornero. Pero, por lo que sabemos, Horneros hubo muy pocos.

Unidad microprocesadora de un microcomputador cuyos lados miden alrededor de medio centímetro. Se trata de un circuito integrado impreso en una sola laminilla de cristal de silicón que contiene aproximadamente 5.400 transistores.

Después de la invención de la escritura se hizo posible reunir, integrar y utilizar la sabiduría acumulada de todas las épocas y de todos los pueblos; el hombre dejó de estar circunscrito a lo que ellos o sus compañeros más allegados eran capaces de recordar. La cultura escrita nos permite entablar contacto con los intelectos más poderosos e influyentes surgidos a lo largo de la historia. Así, Sócrates o Newton han tenido una audiencia de lectores muchísimo más vasta que el total de personas que llegaron a conocer en vida. La transmisión reiterada de la tradición oral en el

marco de múltiples generaciones acaba por engendrar fatalmente errores de transmisión y la pérdida gradual del contenido original del mensaje, degradación mucho más lenta cuando se trata de reeditar un texto escrito.

Los libros se pueden guardar fácilmente; podemos leerlos a nuestro antojo sin importunar a los que nos rodean, y releer las partes más densas o que nos procuran mayor deleite. A mayor abundamiento, el libro se produce masivamente y a precios relativamente asequibles. En cuanto a la lectura en sí, constituye una asombrosa actividad: el sujeto fija la mirada en un objeto plano, no muy grueso, hecho de pulpa de madera, como el lector en este momento, y la voz del autor empieza a resonar en su mente. (¿Qué tal, amigo?!) El incremento del saber humano, así como su capacidad de supervivencia tras la invención de la escritura, han sido inmensos. (También ha aumentado la confianza en uno mismo, pues ahora es posible aprender cuando menos los rudimentos de un arte o de una ciencia recurriendo a un libro, sin depender para ello del afortunado accidente de tener a mano un maestro artesano o un especialista que pueda iniciarnos en una actividad concreta.)

Cuando ya no queda nada por decir ni por hacer, la invención de la escritura debe conceptuarse no sólo como una brillante innovación sino como una formidable aportación en favor de la humanidad. Por otra parte, suponiendo que vivamos lo suficiente como para usar las invenciones de los hombres con sabiduría, creo que se dirá otro tanto de los modernos Toths y Prometeos que hoy proyectan computadores y elaboran programas hurgando en los límites de la inteligencia mecánica. Es probable que el próximo hito estructural del intelecto humano sea la cooperación entre el hombre, ser discursivo, y las máquinas, artefactos pensantes.

## Nuestro destino es el conocimiento. Inteligencia terrestre y extraterrestre

Las horas discurren silenciosa y furtivamente...

W. SHAKESPEARE, *Ricardo III*

El dilema fundamental de la humanidad, el problema que subyace a todos los demás y que destaca por encima de ellos, es precisar qué puesto corresponde al hombre en la naturaleza y cuál es su relación con el cosmos. El origen de nuestra especie, los límites que condicionan nuestro influjo sobre la naturaleza y el de ésta sobre nosotros, el objetivo que pugnamos por alcanzar, son problemas que se presentan una y otra vez, con indeclinable vigor, a todos los seres vivos de la Tierra.

T. H. HUXLEY, 1863

He aquí que a punto de culminar esta obra volvemos a uno de los temas con que inicié mi exposición: la búsqueda en pos de seres extraterrestres dotados de inteligencia. Se afirma en ocasiones que en el futuro la comunicación interestelar será predominantemente de orden telepático, afirmación que, en el mejor de los casos, me parece una idea festiva. Por el momento no existe ni el más leve indicio que respalde este aserto y, por otra parte, todavía no sé de un solo experimento de transmisión telepática en *este* planeta que sea medianamente convincente. Por lo demás, todavía no estamos en condiciones de llevar a cabo vuelos espaciales interestelares dignos de este nombre, lo cual no excluye que otras civilizaciones más avanzadas sí sean capaces de ello. A pesar de toda la chachara sobre objetos volantes no identificados y astro nautas de remotos tiempos, no existen pruebas concluyentes de que hayamos recibido, o vayamos a recibir, la visita de seres extraterrestres.

Así pues, quedan excluidos de la discusión los artefactos espaciales. La hipotética comunicación con los seres extraterrestres utilizaría, quizás, el espectro electromagnético, y, muy probablemente, la banda que corresponde a las ondas radioeléctricas; o puede que empleara las ondas gravitatorias, los neutrinos, que no son, plausiblemente, sino taquiones (en el supuesto de que existan), o algún nuevo aspecto de la física que no será descubierto hasta que hayan transcurrido otros tres siglos. Pero, sea cual fuere el conducto utilizado para esta comunicación, será preciso disponer de instrumentos y aparatos de detección adecuados, y si hemos de basarnos en la experiencia que nos proporciona la radioastronomía, podemos añadir que serán aparatos regulados por ordenador y con una capacidad analítica muy próxima a lo que llamamos inteligencia. No basta con la mera inspección ocular de los archivos para expurgar entre un montón de datos acumulados a lo largo de muchos días en 1.008 frecuencias distintas y donde la masa informativa puede variar en muy pocos segundos, e incluso fracciones de segundo, sino que se requieren técnicas de autocorrelación y computadores electrónicos de gran tamaño. Por otra parte, esta situación, que rige también para las observaciones que Frank Drake, de la Universidad de Cornell, y yo mismo hemos llevado a cabo recientemente en el observatorio de Arecibo, va a ganar en complejidad —lo que equivale a decir que dependerá en mayor medida de los computadores— cuando entren en funcionamiento los aparatos de escucha que probablemente emplearemos en un futuro próximo. Estamos en condiciones de proyectar programas receptores y transmisores de fabulosa complejidad, y con un poco de suerte emplearemos sutilísimos e ingeniosos ardidés; pero ello no impedirá que tengamos que recurrir a las fabulosas dotes de la inteligencia mecánica para proseguir la búsqueda de hipotéticos seres extraterrestres.

El número de avanzadas civilizaciones que hoy puedan existir en la galaxia de la Vía Láctea dependerá de múltiples factores, que van desde el número de planetas que tenga cada estrella hasta la probabilidad de que exista vida en cada uno de ellos. Pero una vez ha surgido la vida en un medio relativamente favorable y han transcurrido miles de millones de años del proceso evolutivo, somos muchos los que creemos en la posibilidad de que en este medio hayan aparecido seres inteligentes. Sin duda, la senda evolutiva sería distinta de la que ha conocido la Tierra. Es muy probable que la secuencia de eventos acaecidos en nuestro planeta —entre ellos la extinción de los dinosaurios y la recesión forestal ocurrida durante el plioceno y el pleistoceno— difiera de la que ha presidido la evolución de la vida en las restantes regiones del universo. Creemos, sin embargo, que han de existir pautas funcionalmente equivalentes que a la postre conduzcan a un resultado parejo. Toda la crónica evolutiva de la Tierra, particularmente la plasmada en la cara interna de los cráneos fósiles, pone de manifiesto esta tendencia progresiva a la formación de organismos inteligentes. Nada misterioso hay en ello, puesto que, por regla general, los seres más inteligentes subsisten en mejores condiciones y dejan más descendencia que los organismos menos dotados. Los detalles dependerán, por supuesto, de las circunstancias, como, por ejemplo, de si el hombre ha exterminado a otros primates en posesión de un lenguaje o de si nuestros antepasados ignoraron a los simios con facultades de comunicación sólo un poco inferiores a las suyas. Pero la

tendencia general parece bastante obvia y debería regir también la evolución de la vida inteligente en otras regiones del universo. Una vez los seres inteligentes han alcanzado un determinado estadio tecnológico y la capacidad de autodestrucción de la especie, los beneficios de la inteligencia en el orden selectivo resultan ya mucho más inciertos.

¿Y qué decir en el supuesto de que recibiésemos un mensaje? ¿Existe algún motivo para pensar que los seres que lo transmiten —evolucionados a lo largo de miles y millones de años de tiempo geológico en un medio completamente distinto del nuestro— se asemejarían lo suficiente a nosotros como para que pudiésemos entenderlo? Creo que la respuesta debe ser afirmativa. Una civilización que transmite mensajes por radio debe tener forzosamente nociones sobre frecuencias, constantes de tiempo y amplitudes de banda, elementos comunes todos ellos a las civilizaciones que transmiten y reciben comunicaciones.

*Estrellas*, por M. C. Escher.

En cierto modo, la situación es comparable a la comunicación entre los radioaficionados, cuyas conversaciones, salvo ocasionales emergencias, se centran casi de forma exclusiva en la mecánica de sus aparatos, porque saben que es el único aspecto de sus vidas que comparten inequívocamente. Pero yo pienso que la situación da pie a mostrarse mucho más esperanzado que todo esto. Sabemos que las leyes de la naturaleza por lo menos algunas de ellas— rigen en el universo todo. La espectroscopia nos indica que en otros planetas, estrellas y galaxias existen los mismos elementos químicos, las mismas moléculas comunes; y el hecho de que los espectros sean iguales demuestra que en otras regiones del universo se dan los mismos mecanismos para inducir a átomos y moléculas a absorber y emitir radiaciones. Asimismo, podemos observar cómo distantes galaxias se desplazan lentamente en torno a otras conforme a las mismas leyes gravitatorias que rigen la órbita de un pequeño satélite artificial girando alrededor de nuestro tenuemente azulado planeta. Se ha comprobado, también, que la gravedad, la mecánica de los cuantos y el núcleo principal de la física y de la química son los mismos por doquier. Es probable que los supuestos organismos dotados de inteligencia que habitan en otros planetas no tengan la misma estructura bioquímica que nosotros. Lo más seguro es que presenten un muy diferente cuadro de adaptaciones —desde las enzimas hasta los órganos corporales— que les permita afrontar las condiciones específicas de los distintos mundos. Aun así, se ven confrontados con las mismas leyes de la naturaleza. Las leyes que rigen la caída de los cuerpos nos parecen muy sencillas. La velocidad de caída de un objeto sometido a una aceleración constante —producto de la fuerza de atracción gravitatoria— es proporcional al tiempo, y el espacio recorrido es proporcional al cuadrado del tiempo. Se trata de relaciones muy elementales que, por lo menos desde los tiempos de Galileo, vienen gozando de una aceptación general. Con todo, es concebible un universo en el que las leyes de la naturaleza revistan mucha más complejidad. El hecho es, empero, que no habitamos en un universo de este tipo. ¿Por qué no? Pues tal vez porque todos los organismos que hallaban demasiado complejo su universo han terminado por extinguirse. Aquellos de nuestros antepasados arborícolas que tenían dificultades para calcular sus trayectorias mientras avanzaban de rama en rama no dejaron numerosa descendencia. La selección natural ha operado como una especie de caza intelectual dando paso a cerebros y a intelectos cada vez mejor dotados para afrontar las leyes de la naturaleza. Esta resonancia entre la mente y el universo, producto de la selección natural, puede ayudarnos a resolver el abstruso dilema planteado por Einstein cuando afirmó que «la propiedad más incomprensible del universo es, precisamente, que sea tan comprensible».

Si ello es así, parece plausible que en otros mundos se haya producido la misma criba que culminó con la aparición de seres inteligentes. Quizá los organismos extraterrestres que carezcan de antepasados en el reino de las aves o de los animales arborícolas no tengan como nosotros la pasión de surcar el espacio. Sin embargo, todas las atmósferas planetarias son relativamente transparentes en las partes visibles y electromagnéticas del espectro, y ello en razón del comportamiento cuántico de los átomos y moléculas que más abundan en el cosmos. En consecuencia, los organismos que pueblan otras regiones del espacio deberían ser sensibles a la radiación óptica y/o a las ondas radioeléctricas. Por lo demás, y tras los avances de la física, la idea de la radiación electromagnética como medio de comunicación interestelar debería ser un hecho corriente a escala cósmica, una noción convergente surgida de manera independiente en incontables mundos de la galaxia después de que cada uno de ellos hubiese cimentado las bases de la astronomía, lo que podríamos llamar «las verdades de la vida». Creo que si tenemos la fortuna de entablar contacto con uno de esos otros seres podremos comprobar cómo su biología, psicología, sociología y concepción política nos resultan extravagantes y misteriosos en grado extremo. Por el contrario, tengo la impresión de que no habría dificultad para una mutua comprensión de los aspectos más simples de la astronomía, la física, la química y, quizás, de la matemática.

Ciertamente, no confío en que los cerebros de estos hipotéticos seres sean anatómica, fisiológica y ni siquiera químicamente iguales a los nuestros. Los cerebros de estos supuestos seres habrían conocido un proceso evolutivo en medios totalmente distintos. No hay más que ver las grandes diferencias orgánicas entre las distintas especies animales que pueblan la Tierra para darse cuenta de las variaciones que admite la fisiología del cerebro. Hay, por ejemplo, un pez africano de agua dulce, el mormírido, que suele vivir en cursos fluviales de aguas turbias, lo que le impide ser visto por los depredadores, por sus presas o por otros peces. El mormírido posee un órgano especial que genera un campo eléctrico y que le permite detectar el paso de cualquier criatura que lo atraviese. Pues bien, esta especie piscícola posee un cerebelo que ocupa toda la parte posterior del cerebro formando una gruesa capa que recuerda el neocórtex de los mamíferos. Pese a que los mormíridos poseen un cerebro tremendamente diferenciado de cualquier otro, desde una perspectiva esencialmente biológica se parecería mucho más al cerebro humano que al de un supuesto ser extraterrestre dotado de inteligencia.

Es probable que, como en nuestro caso, los cerebros de los organismos extraterrestres posean varios o muchos

componentes acrecentados a través de un lento proceso evolutivo. También es posible que, al igual que en el hombre, se dé una tensión entre ellos, por más que el rasgo distintivo de una civilización que ha logrado sobrevivir por largo tiempo y superar los peligros de su entorno radique en la capacidad de arbitrar una paz duradera entre los diversos componentes cerebrales. Muy probablemente, este supuesto organismo extraterrestre habría ampliado también su inteligencia por vía extrasomática, mediante el uso de máquinas capaces de razonar. De todos modos, creo que nuestros cerebros y máquinas acabarán por entenderse y compenetrarse a fondo con los suyos.

Las ventajas de orden práctico y los conocimientos filosóficos que probablemente obtendríamos en el caso de que recibiéramos un largo mensaje de una avanzada civilización, serían sin duda de valor inapreciable. Sin embargo, determinar el alcance de estos beneficios y la rapidez con que lograríamos asimilarlos depende de los detalles contenidos en dicho mensaje, aspecto sobre el que resulta aventurado efectuar predicción alguna. Una cosa, sin embargo, parece obvia, y es que la recepción de un mensaje enviado por una avanzada civilización demostraría, primero, su existencia y, en segundo lugar, que existen métodos para evitar la autodes-trucción, amenaza que tan real se dibuja en nuestra actual fase de adolescencia técnica. De lo dicho se infiere que la recepción de un mensaje interestelar procuraría una ventaja sumamente práctica, que en términos matemáticos se denomina teorema de existencia y que en el caso que nos ocupa consiste en la demostración de que una sociedad puede vivir y progresar en el marco de una avanzada tecnología. La seguridad de que existe una solución ayuda en gran manera a encontrarla. Este es uno de los múltiples y curiosos nexos entre la existencia de vida inteligente en otras regiones del cosmos y la existencia de seres inteligentes en la Tierra.

Aun cuando parece obvio que el incremento del saber y la inteligencia sean el único modo de salir de las dificultades que nos acechan y la única vía de acceso a un futuro halagüeño para la humanidad (o un futuro a secas), en la práctica no siempre se adopta esta postura. A menudo los gobernantes olvidan la diferencia entre beneficios a corto y a largo plazo. Las más trascendentes ventajas prácticas han surgido de los progresos científicos más inverosímiles y en apariencia menos prácticos. Las ondas electromagnéticas son, hoy, el principal conducto en esta búsqueda de comunicación con seres de otros planetas, el medio con que se hace frente a las emergencias, el canal por el que se transmiten las noticias y las llamadas telefónicas y se divulgan por doquier los programas recreativos y de espectáculos. Las ondas electromagnéticas fueron introducidas por el físico escocés James Clerk Maxwell como elemento corrector y complementador del sistema de ecuaciones diferenciales parciales hoy conocidas como las ecuaciones de Maxwell. El nombre que les asignó inicialmente fue el de corriente de desplazamiento, y si propuso su introducción fue, ante todo, porque suponía conferir un mayor atractivo estético a dicho sistema de ecuaciones.

El universo es intrincado y fascinante. Arrancamos secretos a la naturaleza por las sendas más insólitas. Por supuesto, las sociedades deberán adoptar toda clase de precauciones a la hora de decidir qué tecnologías —es decir, qué aplicaciones de la ciencia— deben desarrollarse y cuáles no. Pero si no consolidamos la investigación básica, si no se propicia la adquisición de conocimientos por su valor intrínseco, nuestras opciones de futuro quedarán peligrosamente limitadas. Bastaba con que un físico entre mil diera con algo como la corriente de desplazamiento para convertir el respaldo de este millar en una fabulosa inversión social. Sin una estimulación decidida, continuada y amplia de la investigación básica corremos el riesgo de comernos la simiente que utilizamos para la siembra, es decir, conseguimos atajar el hambre un invierno más, pero renunciamos a la última esperanza de supervivencia de cara al siguiente invierno.

La placa de los *Pioneer 10* y *11*, los primeros vehículos de la humanidad en aventurarse por el espacio interestelar. Las placas de oro y aluminio anodizado contienen información científica sobre los logros del ser humano en el planeta Tierra. Con todo, es indudable que podrían mejorarse estas informaciones a través de mensajes radiados interestelares.

En una época en ciertos aspectos parecida a la nuestra, san Agustín de Hipona, después de una juventud licenciosa y mentalmente expansiva decidió retraerse del mundo de las sensaciones y del intelecto y aconsejó a otros que hicieran lo propio: «Existe otra forma de tentación que entraña incluso mayor peligro. Es la enfermedad de la curiosidad... Ella nos impulsa a querer desentrañar los secretos de la naturaleza, secretos que escapan a nuestra comprensión, que nada pueden reportarnos y a los que los hombres debieran renunciar... En medio de esta inmensa jungla llena de acechanzas y de peligros, he retrocedido y me he apartado de estas espinas. Flota a mi alrededor ese sinnúmero de cosas que nos trae la vida de cada día, pero ni me sorprende ni dejo que me cautive el genuino deseo que siento de estudiarlas... He renunciado a soñar en las estrellas». La muerte de san Agustín, acaecida en el año 430 de nuestra era, marca en Europa el comienzo de la larga noche medieval o, dicho de otra manera, de la época del oscuro rantomismo.

En el último capítulo de *The ascent of man*, Bronowski se confiesa entristecido «al verme súbitamente rodeado, en Occidente, por un sentimiento de pavoroso achicamiento, de retroceso ante el saber». Supongo que, en parte, Bronowski se refería a la limitada comprensión y escaso valor que se concede a la ciencia y a la técnica —que tanto han contribuido a configurar nuestra existencia y la de múltiples civilizaciones— en el ámbito de las comunidades sociales y políticas; pero también a la creciente popularidad de diversas pseudociencias, de una ciencia marginal y populachera, del misticismo y de la magia.

En la actualidad se observa en Occidente (no así en los países del Este) un renovado interés por doctrinas ambiguas, anecdóticas y a menudo manifiestamente erróneas que, si fueran ciertas, descubrirían cuando menos la



existencia de un universo más sugestivo, pero que no siéndolo, implican una desidia intelectual, una endeblez mental y una dispersión de energías muy poco prometedoras de cara a nuestra supervivencia. Entre dichas doctrinas se cuenta la astrología (según la cual, al nacer yo una serie de astros situados a cien billones de millas de distancia se conjuntan en una *casa* o *morada* que condiciona fatalmente mi destino); está, también, el «misterio» del triángulo de las Bermudas (que en sus varias versiones alude a la existencia de unos objetos volantes no identificados con base en las aguas costeras de dichas islas que engullen buques y aeronaves); los relatos sobre platillos volantes en general; la creencia en astronautas que vivieron en un pasado remoto; la fotografía de espectros; la piramidología (que, entre otras muchas cosas, sostiene la peregrina idea de que si guardo mi hoja de afeitar en el interior de una pirámide de cartón en vez de hacerlo en un estuche rectangular, conservo el filo mucho más cortante); la es-cientología; las auras y la fotografía kirliana; la vida emocional y preferencias musicales de los geranios; la cirugía psíquica; los modernos augures y profetas; el doblamiento a distancia de cuchillos y otros objetos cortantes; las proyecciones astrales; el catastrofismo velikovskiano; Atlantis y Mu; el espiritismo; y la doctrina de la creación específica del hombre, por parte de un dios o dioses, pese a la estrechísima relación que nos une con las restantes especies animales, tanto en el plano de la bioquímica como de la fisiología cerebral. Tal vez exista un atisbo de verdad en alguna de estas doctrinas, pero la amplia aceptación de que gozan trasluce una absoluta falta de rigor intelectual, una grave carencia de escepticismo y la necesidad de sustituir la experimentación por el propio deseo. Por regla general son —excúsenme la expresión— teorías generadas en el sistema límbico y en el hemisferio derecho, filigranas de la ensoñación, respuestas naturales —el término es, indudablemente, muy apropiado al caso— y humanas a la complejidad del medio que nos rodea. Pero son también doctrinas místicas y ocultas, concebidas de tal forma que eluden toda refutación y no pueden ser contrastadas con argumentos racionales. Por contra, estimo que la apertura hacia un futuro esclarecedor sólo puede venir dada a través de la plena operatividad del neocórtex. Debe llegarnos de la razón, entremezclada con la intuición y los componentes del sistema límbico y del complejo R, desde luego, pero de la razón al fin y al cabo, lo que supone una valerosa asunción del mundo tal como es en realidad.

Sólo durante el último día del calendario cósmico aparecen en la Tierra mecanismos intelectuales dignos de mención. El funcionamiento conjuntado de ambos hemisferios cerebrales es el instrumento con que la naturaleza nos ha provisto para que podamos sobrevivir, y no es probable que la especie humana consiga este objetivo sin hacer un uso cabal y creativo de nuestro entendimiento.

«Somos una civilización científica —ha dicho Jacob Bronowski—. Eso significa una civilización en la que el saber y su integridad son factores cruciales. Ciencia no es más que una palabra latina que significa conocimiento... Nuestro destino es el conocimiento.»

## Bibliografía

- Allison, T., y D. V. Cicchetti, «Sleep in Mammals: Ecological and Constitutional Correlates», *Science*, vol. 149 (1976), pp. 732-734. Arehart-Treichel, Joan, «Brain Peptides and Psychopharmacology», *Science News*, vol. 110 (1976), pp. 202-206. Aronson, L. R., E. Tobach, D. S. Lehrman y J. S. Rosenblatt, eds., *Development and Evolution of Behavior: Essays in Memory of T. C. Schneirla*, W. H. Freeman, San Francisco, 1970. Bakker, Robert T., «Dinosaur Renaissance», *Scientific American*, vol. 232 (abril de 1975), pp. 58-72 ss. Bitterman, M. E., «Phyletic Differences in Learning», *American Psychologist*, vol. 20 (1965), pp. 396-410. Bloom, F., D. Segal, N. Ling y R. Guillemin, «Endorphins: Profound Behavioral Effects in Rats Suggest New Etiological Factors in Mental Illness», *Science*, vol. 194 (1976), pp. 630-632. Bogen, J. E., «The Other Side of the Brain. II. An Appositional Mind», *Bulletin Los Angeles Neurological Societies*, vol. 34 (1969), pp. 135-162. Bramlette, M. N., «Massive Extinctions in Biota at the End of Mesozoic Time», *Science*, vol. 148 (1965), pp. 1.696-1.699. Brand, Stewart, *Two Cybernetic Frontiers*, Random House, Nueva York, 1974. Brazier, M. A. B., *The Electrical Activity of the Nervous System*, Macmillan, Nueva York, 1960. Bronowski, Jacob, *The Ascent of Man*, Little, Brown, Boston, 1973. Britten, R. J., y E. H. Davidson, «Gene Regulation for Higher Cells: A Theory», *Science*, vol. 165 (1969), pp. 349-357. Clark, W. E. LeGros, *The Antecedents of Man: An Introduction to the Evolution of the Primates*, Edinburgh University Press, Edimburgo, 1959.
- 244 *Los dragones del Edén*
- Colbert, Edwin, *Dinosaurs: Their Discovery and Their World*, E. P. Dutton, Nueva York, 1961. Colé, Sonia, *Leakey's Luck: The Life of Louis S. B. Leakey*, Harcourt Brace Jovanovich, Nueva York, 1975. Coppens, Yves, «The Great East African Adventure», *CNRS Research*, vol. 3, n.º 2 (1976), pp. 2-12. Coppens, Yves, F. Clark Howell, Glynn I. Isaac y Richard E. F. Leakey, eds., *Earliest Man and Environments in the Lake Rudolf Basin: Stratigraphy, Palaeoecology and Evolution*, University of Chicago Press, Chicago, 1976. Culliton, Barbara J., «The Haemmerli Affair: Is Passive Euthanasia Murder?», *Science*, vol. 190 (1975), pp. 1.271-1.275. Cutler, Richard G., «Evolution of Human Longevity and the Genetic Complexity Governing Aging Rate», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 72 (1975), pp. 4.664-4.668. Dement, William C, *Some Must Watch While Some Must Sleep*, W. H. Freeman, San Francisco, 1974. DeRenzi, E., P. Faglioni y H. Spinnler, «The Performance of Patients with Unilateral Brain Damage on Face Recognition Tasks», *Cortex*, vol. 4 (1968), pp. 17-34. Dewson, J. H., «Preliminary Evidence of Hemispheric Asymmetry of Auditory Function in Monkeys», en *Lateralization in the Nervous System*, S. Harnad, ed., Academic Press, Nueva York, 1976. Dimond, Stuart, Linda Farrington y Peter Johnson, «Differing Emotional Responses from Right and Left Hemispheres», *Nature*, vol. 261 (1976), pp. 690-692. Dimond, S. J., y J. G. Beaumont, eds., *Hemisphere Function in the Human Brain*, Wiley, Nueva York, 1974. Dobzhansky, Theodosius, *Mankind Evolving: The Evolution of the Human Species*, Yale University Press, New Haven, Conn., 1962. Doty, Robert W., «The Brain», *Britannica Yearbook of Science and the Future*, Encyclopaedia Britannica, Chicago, 1970, pp. 34-53. Eccles, John C, *The Understanding of the Brain*, McGraw-Hill, Nueva York, 1973. —, ed., *Brain and Conscious Experience*, Springer-Verlag, Nueva York, 1966. Eimerl, Sarel, e Irvén DeVore, *The Primates*, Life Nature Library, Time, Inc., Nueva York, 1965. Farb, Peter, *Man's Rise to Civilization as Shown by the Indians of North America from Primeval Times to the Coming of the Industrial State*, E. P. Dutton, Nueva York, 1968.

Bibliografía 245

- Fink, Donald G., *Computers and the Human Mind: An Introduction to Artificial Intelligence*, Doubleday Anchor Books, Nueva York, 1966. Frisen, John H., «Research on Primate Behavior in Japan», *American Anthropologist*, vol. 61 (1959), pp. 584-596. Fromm, Erich, *The Forgotten Language: An Introduction to the Understanding of Dreams, Fairy Tales and Myths*, Grove Press, Nueva York, 1951. Galin, D., y R. Ornstein, «Lateral Specialization of Cognitive Mode: An EEG Study», *Psychophysiology*, vol. 9 (1972), pp. 412-418. Gantt, Elizabeth, «Phycobilisomes: Light-Harvesting Pigment Complexes», *Bioscience*, vol. 25 (1975), pp. 781-788. Gardner, R. A., y Beatrice T. Gardner, «Teaching Sign-Language to a Chimpanzee», *Science*, vol. 165 (1969), pp. 664-

- Gazzaniga, M. S., «The Split Brain in Man», *Scientific American*, vol. 217 (1967), pp. 24-29.
- , «Consistency and Diversity in Brain Organization», *Proceedings Conference on Evolution and Lateralization of the Brain, Annals of the New York Academy of Sciences*, 1977.
- Gerard, Ralph W., «What Is Memory?», *Scientific American*, vol. 189 (septiembre de 1953), pp. 118-126.
- Goodall, Jane, «Tool-Using and Aimed Throwing in a Community of Free-Living Chimpanzees», *Nature*, vol. 201 (1964), pp. 1.264-1.266.
- Gould, Stephen Jay, «This View of Life: Darwin's Untimely Burial», *Natural History*, vol. 85 (octubre de 1976), pp. 24-30.
- Gray, George W., «The Great Ravelled Knot», *Scientific American*, vol. 179 (octubre de 1948), pp. 26-39.
- Griffith, Richard M., Otoyá Miyagi y Akira Tago, «The Universality of Typical Dreams: Japanese vs. Americans», *American Anthropologist*, vol. 60 (1958), pp. 1.173-1.179.
- Grinspoon, Lester, J. R. Ewalt, y R. I. Schader, *Schizophrenia: Pharma- cotherapy and Psychotherapy*, Williams & Wilkins, Baltimore, 1972.
- Hamilton, C. R., «An Assessment of Hemispheric Specialization in Monkeys», *Proceedings Conference on Evolution and Lateralization of the Brain, Annals of the New York Academy of Sciences*, 1977.
- Hacner, M. J., ed., *Hallucinogens and Shamanism*, Oxford University Press, Londres, 1973.
- Harris, Marvin, *Cows, Pigs, Wars and Witches: The Riddles of Culture*, Random House, Nueva York, 1974.
- Hartmann, Ernest L., *The Functions of Sleep*, Yale University Press, New Haven, Conn., 1973.
- Hayes, C., *The Ape in Our House*, Harper, Nueva York, 1951.
- 246 *Los dragones del Edén*

- Herrick, C. Judson, «A Sketch of the Origin of the Cerebral hemispheres», *Journal of Comparative Neurology*, vol. 32 (1921), pp. 429-454. Hollóway, Ralph L., «Cranial Capacity and the Evolution of the Human Brain», *American Anthropologist*, vol. 68 (1966), pp. 103-121. —, «The Evolution of the Primate Brain: Some Aspects of Quantitative Relations», *Brain Research*, vol. 7 (1968), pp. 121-172. Howell, F. Clark, *Early Man*, Life Nature Library, Time, Inc., Nueva York, 1965.
- Howells, William, *Mankind in the Making: The Story of Human Evolution*, Rev. ed. Doubleday, Nueva York, 1967.
- Hubel, D. H., y T. N. Wiesel, «Receptive Fields of Single Neurons in the Cat's Striate Cortex», *Journal of Physiology*, vol. 150 (1960), pp. 91-104. Ingram, D., «Cerebral Speech Lateralization in Young Children», *Neuropsychologia*, vol. 13 (1975), pp. 103-105. Jerison, H. J., *Evolution of the Brain and Intelligence*, Academic Press, Nueva York, 1973.
- , «The Theory of Encephalization», *Proceedings Conference on Evolution and Lateralization of the Brain, Annals of the New York Academy of Sciences*, Nueva York, 1977. Keller, Helen, *The Story of My Life*, Nueva York, 1902. Korsakov, S., «On the Psychology of Microcephalies (1893)», reed. en *American Journal of Mental Deficiency Research*, vol. 4 (1957), pp. 42-47. Kroeber, T., *Ishi in Two Worlds*, University of California Press, Berkeley, 1961.
- Kurtén, Bjorn, *Not from the Apes: History of Man's Origins and Evolution*, Vintage Books, Nueva York, 1972. La Barre, Weston, *The Human Animal*, University of Chicago Press, Chicago, 1954. Langer, Susanne, *Philosophy in a New Key: A Study in the Symbolism of Reason, Rite and Art*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1942. Lashley, K. S., «Persistent Problems in the Evolution of Mind», *Quarterly Review of Biology*, vol. 24 (1949), pp. 28-42. —, «In Search of the Engram», *Symposia of the Society of Experimental Biology*, vol. 4 (Nueva York, 1950), pp. 454-482. Leakey, Richard E., «Hominids in África», *American Scientist*, vol. 64, n.º 2 (1976), p. 174. Leakey, R. E. F., y A. C. Walker, «*Australopithecus, Homo erectus* and the Single Species Hypothesis», *Nature*, vol. 261 (1976), pp. 572-574.

Bibliografía 247

- Lee, Richard, e Irven DeVore, eds., *Man, the Hunter*, Aldine, Chicago, 1968.
- Le May, M., y N. Geschwind, «Hemispheric Differences in the Brains of Great Apes», *Brain Behavior and Evolution*, vol. 11 (1975), pp. 48-52.
- Lettvin, J. Y., H. R. Maturana, W. S. McCulloch y W. J. Pitts, «What the Frog's Eye Tells the Frog's Brain», *Proceedings of the Institute of Radio Engineers*, vol. 47 (1959), pp. 1.940-1.951.
- Lieberman, P., D. Klatt y W. H. Wilson, «Vocal Tract Limitations on the Vowel Repertoires of Rhesus Monkeys and Other Non-Human Primates», *Science*, vol. 164 (1969), pp. 1.185-1.187.
- Linden, Eugene, *Apes, Men and Language*, E. P. Dutton, Nueva York, 1974.
- Longuet-Higgins, H. C., «Perception of Melodies», *Nature*, vol. 263 (1976), pp. 646-653.
- MacLean, Paul D., *On the Evolution of Three Mentalities* (trabajo inédito).
- , *A Triune Concept of the Brain and Behaviour*, University of Toronto Press, Toronto, 1973.
- McCulloch, W. S., y W. Pitts, «A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity», *Bulletin of Mathematical Biophysics*, vol. 5(1943), pp. 115-133.

- McHenry, Henry, «Fossils and the Mosaic Nature of Human Evolution», *Science*, vol. 190 (1975), pp. 425-431.
- Meddis, Ray, «On the Function of Sleep», *Animal Behaviour*, vol. 23 (1975), pp. 676-691.
- Mettler, F. A., *Culture and the Structural Evolution of the Neural System*, American Museum of Natural History, Nueva York, 1956.
- Milner, Brenda, Suzanne Corkin y Hans-Lukas Teuber, «Further Analysis of the Hippocampal Amnesic Syndrome: 14-Year Follow-up Study of H. M.», *Neuropsychologia*, vol. 6 (1968), pp. 215-234.
- Minsky, Marvin, «Artificial Intelligence», *Scientific American*, vol. 214 (1966), pp. 19-27.
- Mittwoch, Úrsula, «Human Anatomy», *Nature*, vol. 261 (1976), p. 364.
- Nfcbes, D., y R. W. Sperry, «Hemispheric Disconnection Syndrome with Cerebral Birth Injury in the Dominant Arm Área», *Neuropsychologia*, vol. 9 (Nueva York, 1971), pp. 247-259.
- Oxnard, C. E., «The Place of the Australopithecines in Human Evolution: Grounds for Doubt?», *Nature*, vol. 258 (1975), pp. 389-395.
- Penfield, W., y T. C. Erickson, *Epilepsy and Cerebral Localization*, Charles C. Thomas, Springfield, 111., 1941. 248 *Los dragones del Edén*
- Penfield, W., y L. Roberts, *Speech and Brain Mechanisms*, Princeton University Press, Princeton, N. J., 1959. Pilbeam, David, *The Ascent of Man: An Introduction to Human Evolution*, Macmillan, Nueva York, 1972. Pilbeam, D., y S. J. Gould, «Size and Scaling in Human Evolution», *Science*, vol. 186 (1974), pp. 892-901.
- Platt, John R., *The Step to Man*, John Wiley, Nueva York, 1966. Ploog, D. W., J. Blitz y F. Ploog, «Studies on Social and Sexual Behavior of the Squirrel Monkey (*Saimiri sciureus*)», *Folia Primatologica*, vol. 1 (1963), pp. 29-66. Poliakov, G. I., *Neuron Structures of the Brain*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1972.
- Premack, David, «Language and Intelligence in Ape and Man», *American Scientist*, vol. 64 (1976), pp. 674-683.
- Pribram, K. H., *Languages of the Brain*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1971. Radinsky, Leonard, «Oldest Horse Brains: More Advanced than Previously Realized», *Science*, vol. 194 (1976), pp. 626-627. Rail, W., «Theoretical Significance of Dendritic Trees for Neuronal Input-Output Relations», en *Neural Theory and Modeling*, R. F. Reiss, ed., Stanford University Press, Stanford, 1964.
- Rose, Steven, *The Conscious Brain*, Alfred A. Knopf, Nueva York, 1973. Rosenzweig, Mark R., Edward L. Bennett y Marian Cleeves Diamond, «Brain Changes in Response to Experience», *Scientific American*, vol. 226, n.º 2 (febrero de 1972), pp. 22-29. Rumbaugh, D. M., T. V. Gilí y E. C. von Glaserfeld, «Reading and Sentence Completion by a Chimpanzee», *Science*, vol. 182 (1973), pp. 731-735. Russell, Dale, A., «A New Specimen of *Stenonychosaurus* from the Oldman Formation (Cretaceous) of Alberta», *Canadian Journal of Earth Sciences*, vol. 6 (1969), pp. 595-612. — «Reptilian Diversity and the Cretaceous-Tertiary Transition in North America», Geological Society of Canada Special Paper, n.º 13 (1973), pp. 119-136. Sagan, Cari, *The Cosmic Connection: An Extraterrestrial Perspective*, Doubleday, Nueva York, 1973; y Dell, Nueva York, 1975 (hay trad. cast.: *La conexión cósmica*, Plaza & Janes, Barcelona, 1990<sup>3</sup>). —, ed., *Communication with Extraterrestrial Intelligence*, MIT Press, Cambridge, Mass., 1973 (hay trad. cast.: *Comunicación con inteligencias extraterrestres*, Planeta, Barcelona, 1980).
- Schmitt, Francis O., Dev Parvati y Barri H. Smith, «Electrotonic Processes

Bibliografía 249

- ing of Information by Brain Cells», *Science*, vol. 193 (1976), pp. 114-120.
- Schaller, George, *The Mountain Gorilla: Ecology and Behavior*, University of Chicago Press, Chicago, 1963.
- Schank, R. C., y K. M. Colby, eds., *Computer Models of Thought and Language*, W. H. Freeman, San Francisco, 1973.
- Shklovskit, J. S., y Cari Sagan, *Intelligent Life in the Universe*, Dell, Nueva York, 1967.
- Snyder, F., «Toward an Evolutionary Theory of Dreaming», *American Journal of Psychiatry*, vol. 123 (1966), pp. 121-142.
- Sperry, R. W., «Perception in the Absence of the Neocortical Commissures», en *Perception and Its Disorders*, Research Publication of the Association for Research in Nervous and Mental Diseases, vol. 48, 1970.
- Stahl, Barbara J., «Early and Recent Primitive Brain Forms», *Proceedings of the Conference on Evolution and Lateralization of the Brain, Annals of the New York Academy of Sciences*, 1977.
- Swanson, Cari P., *The Natural History of Man*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1973.
- Teng, Evelyn Lee, P. H. Lee, K. S. Yang y P. C. Chang, «Handedness in a Chinese Population: Biological, Social and Pathological Factors», *Science*, vol. 193 (1976), pp. 1.148-1.150.
- Teuber, Hans-Lukas, «Effects of Focal Brain Injury on Human Behavior», en *The Nervous System*, Donald B. Tower, ed., vol. 2: *The Clinical Neurosciences*. Raven Press, Nueva York, 1975.
- Teuber, Hans-Lukas, Brenda Milner y H. G. Vaughan, Jr., «Persistent Anterograde Amnesia after Stab Wound of the Basal Brain», *Neuropsychologia*, vol. 6 (1968), pp. 267-282.
- Tower, D. B., «Structural and Functional Organization of Mammalian Cerebral Cortex: The Correlation of Neurone Density with Brain Size», *Journal of Comparative Neurology*, vol. 101 (1954), pp. 19-51.
- Trotter, Robert J., «Language Evolving, Part II», *Science News*, vol. 108 (1975), pp. 378-383.
- , «Sinister Psychology», *Science News*, vol. 106 (5 de octubre de 1974), pp. 220-222.

- Turkewitz, Gerald, «The Development of Lateral Differentiation in the Human Infant», *Proceedings of the Conference on Evolution and Lateralization of the Brain, Annals of the New York Academy of Sciences*, 1977.
- Vacroux, A., «Microcomputers», *Scientific American*, vol. 232 (mayo de 1975), pp. 32-40.
- 250 *Los dragones del Edén*
- Van Lawick-Goodall, Jane, *In the Shadow of Man*, Houghton-Mifflin, Boston, 1971.
- Van Valen, Leigh, «Brain Size and Intelligence in Man», *American Journal of Physical Anthropology*, vol. 40.
- Von Neumann, John, *The Computer and the Brain*, Yale University Press, New Haven, Conn., 1958.
- Wallace, Patricia, «Unravelling the Mechanism of Memory», *Science*, vol. 190 (1975), pp. 1.076-1.078.
- Warren, J. M., «Possibly Unique Characteristics of Learning by Primates», *Journal of Human Evolution*, vol. 3 (1974), pp. 445-454.
- Washburn, Sherwood L., «Tools and Human Evolution», *Scientific American*, vol. 203 (septiembre de 1960), pp. 62-75.
- Washburn, S. L., y R. Moore, *Ape Into man*, Little, Brown, Boston, 1974
- Webb, W B., *Sleep, The Gentle Tyrant*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J., 1975.
- Weizenbaum, Joseph, «Conversations with a Mechanical Psychiatrist», *The Harvard Review*, vol. 111, n.º 2 (1965), pp. 68-73.
- Wendt, Herbert, *In Search of Adam*, Collier Books, Nueva York, 1963
- Witelson, S. F., y W. Pallie, «Left hemisphere Specialization for Language in the Newborn: Neuroanatomical Evidence of Asymmetry», *Brain*, vol. 96 (1973), pp. 641-646.
- Yeni-Komshian, G. H., y D. A. Bensch, «Anatomical Study of Cerebral Asymmetry in the Temporal lobe of Humans, Chimpanzees, and Rhesus Monkeys», *Science*, vol. 192 (1976), pp. 387-389.
- Young, J. Z., *A Model of the Brain*, Clarendon Press, Oxford, 1964,

**acceso.** En la jerga de los computadores, se denomina así al proceso destinado a obtener o recuperar datos de una unidad periférica.

**ácido nucleico.** Material genético de todos los seres vivos de la Tierra. Es una molécula compuesta de largas cadenas de unidades llamadas nucleótidos, por lo común enrolladas en doble hélice. Existen dos clases principales de ácidos nucleicos, el ADN y el ARN.

**ADN.** Ácido desoxirribonucleico. Véase *ácido nucleico*.

**afasia.** En sentido general, merma o pérdida de la capacidad de articular ideas mediante todo tipo de lenguaje. En sentido más estricto alude a la incapacidad de discernir el significado de las palabras pronunciadas de viva voz. Compárese con *alexia*.

**alexia.** Merma o pérdida de la capacidad de comprender el lenguaje escrito o impreso, tanto si se trata de palabras sueltas como de oraciones. Compárese con *afasia*.

**Ameslan (ameslano).** Nombre que se aplica en Norteamérica al lenguaje gestual o alfabeto para sordomudos.

**amígdala.** Componente del sistema límbico, en forma de almendra, contiguo al lóbulo temporal del neocórtex.

**anáglifo.** Representación estereoscópica plana de una imagen tridimensional. Casi siempre está compuesta por puntitos rojos y verdes y se contempla con gafas de uno y otro color.

**área de Broca.** Porción del neocórtex que guarda estrecha relación con el habla.

**armazón neural.** Conjunto integrado por la médula espinal, el cerebro posterior y el cerebro medio.

**ARN.** Ácido ribonucleico. Véase *ácido nucleico*.

**bilateral.** Por ambas partes.

**bit.** Unidad binaria de información. Un bit es la respuesta a una cuestión que sólo admite un «sí» o un «no» como respuesta.

**bulbos olfatorios.** Componentes del cerebro unidos a la parte delantera del cerebro anterior y que desempeñan un importante papel en la percepción de olores.

**cerebelo.** Masa cerebral alojada en la parte de la cabeza correspondiente a la nuca, debajo de la corteza cerebral posterior y encima del puente y la médula oblongada del rombencéfalo. Al igual que el neocórtex, se compone de dos hemisferios.

**cerebro anterior.** También llamado prosencéfalo. La parte evolutivamente más moderna de las tres principales divisiones del cerebro de los vertebrados. A su vez se divide en complejo R, sistema límbico y neocórtex.

**cerebro medio.** También llamado mesencéfalo. Región intermedia del cerebro de los vertebrados, entre el cerebro anterior y el posterior.

**cerebro posterior.** También llamado rombencéfalo. La parte más primitiva del cerebro, que incluye el puente de Varolio, el cerebelo, la médula oblongada y la parte superior de la médula espinal.

**cerebro trino.** Idea avanzada muy recientemente por Paul MacLean según la cual el cerebro anterior está formado por tres sistemas cognoscitivos que han evolucionado por separado y que, hasta cierto punto, funcionan de manera independiente.

cetáceos. Orden de mamíferos acuáticos que comprende a las ballenas y delfines.

**cigoto.** Huevo u óvulo fecundado.

**circunvolución.** Véase *giro*.

**comisura anterior.** Haz relativamente pequeño de fibras nerviosas que une los hemisferios cerebrales derecho e izquierdo del neocórtex. Compárese con *cuero calloso*.

**comisura del hipocampo.** Haz relativamente pequeño de fibras nerviosas que une los hemisferios derecho e izquierdo de la corteza cerebral cerca del hipocampo. Compárese con *cuero calloso*.

**complejo R o complejo reptílico.** La parte evolutivamente más primitiva del cerebro anterior.

**corteza cerebral (córtex).** En el hombre y en los mamíferos superiores designa la capa superficial más extensa de los hemisferios cerebrales, determinante en buena parte de los actos prototípicos del hombre. A veces se usa con el mismo significado que neopallio o neocórtex.

**corteza motora.** Porción del neocórtex que regula el movimiento y la función de los miembros.

**craneotomía.** Seccionamiento o extirpación de una parte del cráneo, en general como paso previo a la intervención quirúrgica del cerebro.

**cromosomas.** Cuerpos filamentosos que contienen el material hereditario (genes). Están integrados únicamente por ácidos nucleicos.

**cuero calloso.** La gran comisura o haz de fibras nerviosas que forman la principal conexión entre los hemisferios izquierdo y derecho de la corteza cerebral.

**electrodo.** Conductor eléctrico sólido por el que fluye una corriente eléctrica. El electroencefalógrafo registra a través de los electrodos las corrientes eléctricas que genera el cerebro.

**electroencefalógrafo (EEG).** Aparato consistente en una serie de amplificadores y en una pluma-registro que transcribe de forma automática sobre un cilindro giratorio. Se usa para registrar las corrientes eléctricas cerebrales transmitidas mediante electrodos aplicados a la cabeza del paciente. Se utiliza como fórmula de diagnóstico médico y en los estudios sobre la función del cerebro.

**endocraneal.** Relativo a la cara interna del cráneo.

**endorfinas.** Pequeñas proteínas cerebrales producidas en el interior del organismo susceptibles de originar diversidad de estados emocionales, o de otro signo, en los animales.

**equipotente.** Que posee idéntica capacidad. De manera específica, la teoría de que para determinadas funciones cognoscitivas y de otro tipo cualquier parte del cerebro puede reemplazar a otra en la realización de las mismas.

**extirpación.** Suprimir por entero una unidad del cerebro, normalmente mediante una intervención quirúrgica.

**función ecológica.** Papel que corresponde al organismo en la naturaleza.

**gameto.** Esperma o célula reproductora capaz de participar en la fecundación. Contienen un número haploide de cromosomas.

**giro.** También llamada circunvolución. Una de las prominentes elevaciones tubulares que asoman en la superficie del neocórtex.

**haploide.** Que posee un número de cromosomas igual a la mitad de los contenidos en un cuerpo ordinario o célula somática. Por ejemplo, en el hombre cada célula somática tiene 46 cromosomas, pero un gameto posee sólo 23.

**hipocampo.** Formación del sistema límbico relacionada con la memoria.

**hiotálamo.** Porción del sistema límbico situada en la base del tálamo y que, entre otras funciones, ayuda a regular la temperatura del cuerpo y los procesos metabólicos.

**información extragenética.** Información acumulada con independencia de los genes, normalmente por vía discursiva o como legado cultural.

**información extrasomática.** Información no contenida en el organismo (por ejemplo, un libro).

**lateralización.** Separación de funciones entre dos lados, en especial los hemisferios derecho e izquierdo del neocórtex. **lesión.** Corte, herida o daño en general. Algunas lesiones cerebrales son resultado de un accidente y otras consecuencia de una intervención quirúrgica. **lobotomía.** Incisión quirúrgica o lesión de uno de los lóbulos neocorticales. **lóbulos del neocórtex.** Véase *lóbulo frontal*, *lóbulo occipital*, *lóbulo parietal* y *lóbulo temporal*. **lóbulo frontal.** Porción del neocórtex situada aproximadamente debajo de la frente.

**lóbulo occipital.** Porción del neocórtex situada aproximadamente debajo de la base posterior del cráneo. **lóbulo parietal.** Aproximadamente, la porción media de cada hemisferio cerebral del neocórtex.

**lóbulo temporal.** Porción del neocórtex situada aproximadamente debajo de las sienas. **localización de la función cerebral.** El hallazgo de que ciertas partes del cerebro llevan a cabo determinadas funciones que les son propias.

Hipótesis opuesta a la del cerebro *equipo ten te*. **médula oblongada.** Porción del cerebro que se continúa con la médula espinal. Forma parte del cerebro posterior. **memoria duradera.** Aquella que se conserva durante un lapso de tiempo sustancial, por lo general más de un día.

**memoria efímera.** Aquella que se conserva por breves periodos de tiempo, normalmente menos de un día.

**microcefálico.** Dícese del sujeto que posee una cabeza más pequeña de lo corriente. Esta condición suele ir acompañada de una considerable merma de las facultades mentales. **mutación.** Cambio hereditario que se produce en los ácidos nucleicos de los cromosomas. **neocórtex.** La capa más externa y evolutivamente más moderna de la corteza cerebral. A veces se le otorga el mismo significado que a este último término. **neurona.** Célula nerviosa; unidad fundamental del sistema nervioso y del cerebro.

**nucleótido.** Elemento fundamental de los ácidos nucleicos. **pituitaria.** Glándula endocrina «rectora» situada en el sistema límbico, aunque cerca del cerebro medio. Influye en el crecimiento e interviene en la actividad de otras glándulas endocrinas. **plasticidad.** Ductilidad, adaptabilidad, capacidad para ser formado o moldeado y, de manera específica, la facultad de asimilar las enseñanzas del medio exterior.

presión selectiva. En el cuadro de la teoría evolucionista, la influencia del medio en la selección de una serie de rasgos genéticos con fines de supervivencia y de reproducción.

*prewired.* En la jerga de los computadores, información asentada en el lugar que le corresponde. También se le llama *hard-mred*. Cuanta más *prevúring*, menos plasticidad.

primates. Orden (una de las clasificaciones taxonómicas) de mamíferos que comprende al hombre y a los lémures, los monos y los grandes simios.

procesos primarios. Término psicoanalítico que designa a las funciones inconscientes básicas del cerebro.

**proteínas.** Junto con los ácidos nucleicos, principal base molecular de la vida en la Tierra. Las proteínas están compuestas de unidades constitutivas llamadas aminoácidos y, por lo común, presentan repliegues y curvaturas notables. Algunas proteínas tienen forma esférica y otras semejan esculturas abstractas autoestables. Todas las enzimas, sustancias que controlan el ritmo de las reacciones químicas en la célula, son proteínas. Los ácidos nucleicos regulan la síntesis y la activación de las enzimas.

psicomotor. Que está relacionado con la regulación mental de los procesos musculares.

puente (*pons*). También llamado *puente de Varolio*. Arco neural que une la médula oblongada con el cerebro medio. Forma parte del cerebro posterior.

recapitulación (o recapitulación de la filogenia por la ontogenia). La repetición manifiesta, durante el desarrollo embrionario de un organismo, de un estado embrionario propio de los antecesores de la especie.

REM (*rapid eye movements*). Movimiento rápido conjugado de los ojos, en especial el que se produce en los párpados durante los periodos de ensoñación a lo largo del sueño. En consecuencia, caracterización de  $\chi$  las ensoñaciones.

selección **natural.** Mecanismo principal de la evolución biológica, descrito en un principio por Darwin y Wallace. Sostiene que los organismos accidentalmente más adaptados al medio sobreviven mejor y dejan más descendientes en la generación siguiente que los menos dotados.

sinapsis. Conjunción de dos neuronas; punto desde el cual se transmite el impulso eléctrico de una neurona a otra.

**sistema límbico.** Parte del cerebro anterior que ocupa una posición intermedia, tanto por su situación como por su antigüedad, entre el complejo R y el neocórtex.

**tálamo.** Porción del sistema límbico próxima al centro del cerebro. En tre otras funciones, proyecta estímulos sensoriales al neocórtex.

**taxón.** Grupo de organismos clasificados conforme a sus rasgos comunes, desde los que presentan diferencias de poca monta, como la raza y la subespecie, hasta los muy diferenciados, como los reinos animal y vegetal.

**tomía** (sufijo). Seccionamiento del órgano antepuesto a dicho sufijo, como, por ejemplo, *craneotomía*, *lobotomía*, etc.

**vuelco de memoria intermedia** (*buffer dumping*). La obtención o evacuación de información almacenada provisionalmente en la *memoria efímera* (o de corta duración).

## Indice

### Introducción

1. El calendario cósmico
2. Genes y cerebros
3. El cerebro y el carro
4. El Edén como metáfora. La evolución del hombre
5. Las abstracciones de los brutos
6. Relatos del oscuro paraíso
7. Amantes y locos
8. La evolución futura del cerebro
9. Nuestro destino es el conocimiento. Inteligencia terrestre y extraterrestre

### Bibliografía

Glosario de voces técnicas

B.P.DLC.B

F.P.





**La conexión cósmica**  
**Una perspectiva extraterrestre**  
Carl Sagan

Biblioteca de Divulgación Científica *muy INTERESANTE* 01

EDICIONES ORBIS, S. A.

Distribución exclusiva para Argentina, Chile, Paraguay, Perú y Uruguay

HYPAMERICA

Título original: The cosmic connection - An extraterrestrial perspective

Traducción: Jaime Piñeiro

Dirección de la colección: Virgilio Ortega

© 1973 by Carl Sagan and Jerome Agel

© 1978 by Plaza & Janes S. A. Editores

© por la presente edición, Ediciones Orbis S. A.

Distribución exclusiva para Argentina, Chile, Paraguay, Perú y Uruguay:

HYPAMERICA EDICIONES ARGENTINA, S.A.

Marzo de 1986

Edición digital y revisión de la traducción de urijenny ([odoniano@yahoo.com.ar](mailto:odoniano@yahoo.com.ar))

## Índice

Prefacio .....	8
Primera Parte: Perspectivas cósmicas .....	12
1. Un animal de transición .....	14
2. El unicornio de Cetus .....	19
3. Un mensaje de la Tierra .....	24
4. Un mensaje a la Tierra .....	28
5. Experimentos en utopías.....	38
6. Chauvinismo.....	43
7. La exploración del espacio como empresa humana - 1. El interés científico .....	51
8. La exploración del espacio como empresa humana - 2. El interés público .....	57
9. La exploración del espacio como empresa humana - 3. El interés histórico .....	62
Segunda parte: El Sistema Solar .....	67
10. Sobre la enseñanza de primer grado .....	68
11. Los legendarios dioses de la antigüedad .....	71
12. La historia detectivesca de Venus.....	74
13. Venus es el Infierno.....	79
14. Ciencia e «Inteligencia» .....	83
15. Las lunas de Barsoom.....	88
16. Las montañas de Marte - 1. Observaciones desde la Tierra .....	100
17. Las montañas de Marte - 2. Observaciones desde el espacio .....	105
18. Los canales de Marte .....	110
19. Las fotografías perdidas de Marte.....	115
20. La edad del hielo y la caldera.....	119
21. Comienzos y finales de la Tierra .....	122
22. Terraformación de los planetas .....	124
23. La exploración y utilización del Sistema Solar.....	129
Tercera parte: Mas allá del sistema solar.....	137
24. Algunos de mis mejores amigos son delfines.....	138
25. ¡Oiga! ¿Distribución Central? ¡Envíenme veinte extraterrestres! .....	149
26. La conexión cósmica.....	152
27. Vida extraterrestre: una idea cuyo momento ha llegado .....	157
28. ¿Ha sido visitada la Tierra?.....	163
29. Estrategia en la búsqueda de la inteligencia extraterrestre .....	169
30. Si tenemos éxito.....	173
31. Cables, tambores y caracolas .....	178
32. Tren nocturno a las estrellas .....	182
33. Astroingeniería .....	184
34. Veinte preguntas: una clasificación de civilizaciones cósmicas .....	187
35. Intercambios culturales galácticos.....	192
36. Entrada al Infinito .....	195
37. Habitantes de las estrellas - 1. Una fábula.....	199

38. Habitantes de las estrellas - 2. Un futuro.....	204
39. Habitantes de las estrellas - 3. Los gatos negros cósmicos .....	209

*Dedicado a mis hijos Dorion, Jeremy y Nicholas.*

*Ojalá que su futuro –y el de todos los humanos así como otros seres– se presente  
lleno de promesas.*



*Les mystères des Infinis* de Grandville, 1844.

## Prefacio

Cuando yo tenía doce años, mi abuelo me preguntó –mediante un traductor, pues nunca había aprendido bien el inglés– qué quería ser cuando fuese mayor. Le respondí que «astrónomo», palabra que al cabo de unos momentos le tradujeron.

*«Sí –respondió–, ¿pero cómo te ganarás la vida?»*

Yo suponía que al igual que todas las personas adultas que conocía, me tendría que limitar a efectuar un trabajo aburrido, monótono, carente de todo poder creativo. A la astronomía sólo podría dedicarme en los fines de semana. Cuando estudiaba el segundo año en la escuela superior descubrí que algunos astrónomos recibían una paga o sueldo por seguir cultivando su pasión. Entonces me sentí abrumado por un enorme gozo; sin duda alguna, podría dedicar todo mi tiempo a lo que más me gustaba y a lo que más me interesaba.

Incluso hoy día hay momentos en que lo que hago me parece un sueño improbable, aunque sí sumamente agradable. Tomar parte en la exploración de Venus, Marte, Júpiter y Saturno; reproducir, repetir los pasos que condujeron al origen de la vida hace cuatro mil millones de años en una Tierra muy diferente a la que conocemos; depositar instrumentos en Marte para buscar allí la vida, y, quizá, dedicar serios esfuerzos a comunicarnos con otros seres inteligentes, si los hay, ahí fuera, en la formidable obscuridad del firmamento nocturno.

Si hubiera nacido cincuenta años antes, no hubiese podido dedicarme a ninguna de esas actividades. Por entonces, no eran más que producto de una imaginación especulativa. Si hubiera nacido cincuenta años más tarde, tampoco habría podido dedicar mi vida a estas actividades, excepto, posiblemente, a la última de las mencionadas, ya que dentro de cincuenta años, a partir de ahora, se habrá dado fin a un reconocimiento preliminar del Sistema Solar, de la búsqueda de vida en Marte y del estudio del origen de la vida. Me considero sumamente afortunado de vivir en un momento de la historia de la Humanidad cuando se están emprendiendo tales aventuras.

De manera que cuando Jerome Agel vino a verme para que escribiera un libro que fuese popular, un libro que tratara de comunicar a los demás mis opiniones sobre las investigaciones emprendidas y la misma importancia de estas aventuras, acepté tal responsabilidad, aun cuando su sugerencia llegaba poco antes de que se llevase a cabo la misión *Mariner 9* a Marte, hecho que estaba seguro ocuparía la mayor parte de mi tiempo durante muchos meses. En una ocasión posterior, después de charlar acerca de la comunicación con la inteligencia extraterrestre, Agel y yo cenamos en un restaurante polinesio de Boston. Mi horóscopo del día decía: «Muy pronto se te exigirá que descifres un importante mensaje.» Por supuesto, aunque lo del horóscopo no pasaba de ser un juego infantil, el presagio, el pronóstico, era bueno.

Al cabo de siglos de confusas conjeturas, de especulaciones absurdas, conservadurismo indigesto y desinterés carente de toda posible imaginación, por fin



ha llegado a su mayoría de edad el tema de la vida extraterrestre, y en la actualidad ha alcanzado una etapa práctica donde se la puede estudiar mediante técnicas rigurosamente científicas, una etapa en la que ha conseguido respetabilidad científica y en la que, asimismo, se entiende ampliamente su significado. Por esa razón, repito, la vida extraterrestre acaba de alcanzar su mayoría de edad.

Este libro se divide en tres partes a cual más importante. En la primera intento transmitir el sentido de la perspectiva cósmica viviendo fuera de nuestras vidas en un diminuto trozo de roca y metal circundando una de las doscientas cincuenta mil millones de estrellas que forman nuestra galaxia en un Universo de miles de millones de galaxias. La declinación de una de nuestras más comunes concepciones, o de uno de nuestros más vulgares engrimientos, también es una de las aplicaciones prácticas de la astronomía. La segunda parte del libro se relaciona con varios aspectos de nuestro Sistema Solar –principalmente con la Tierra, Marte y Venus–. Aquí pueden hallarse algunos de los resultados e implicaciones del *Mariner 9*. La tercera parte se dedica a la posibilidad de comunicación con la inteligencia extraterrestre en planetas de otras estrellas. Puesto que todavía no se ha establecido ningún contacto –nuestros esfuerzos hasta la fecha han sido débiles–, esta parte es necesariamente especulativa. No he dudado en conjeturar dentro de lo que estimo puedan ser los límites normales de una plausibilidad científica. Y aunque no soy, por formación, un filósofo, sociólogo o historiador, no he dudado en esbozar implicaciones históricas, sociológicas y filosóficas de astronomía de exploración del espacio.

Desde aquí me atrevería a decir que los descubrimientos astronómicos que estamos a punto de conseguir son del más amplio significado humano. Si este libro llega a desempeñar un pequeño papel en aumentar el interés público por estas aventuras exploratorias, creo que habrá hecho honor a su propósito.

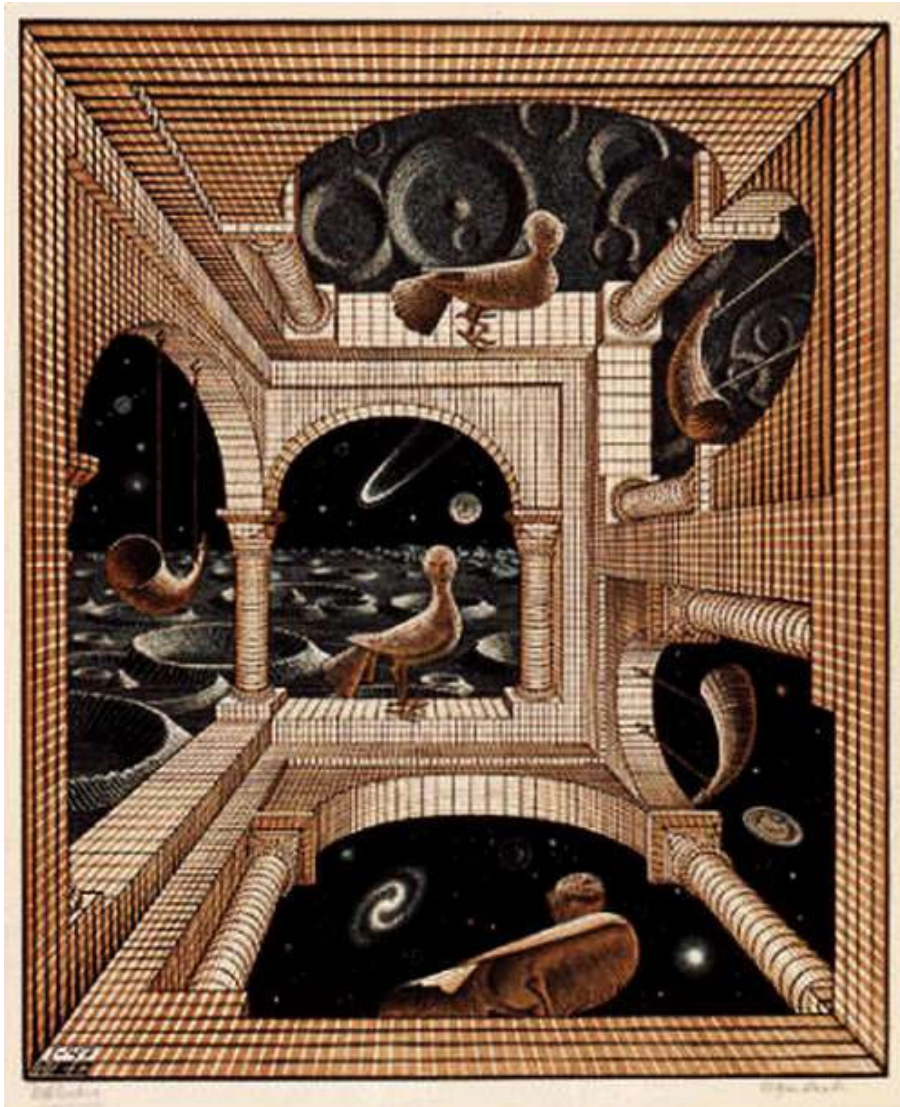
Al igual que ha sucedido con trabajos anteriores a éste, sobre todo si se basan en temas especulativos, algunas de las declaraciones que aparecen en estas páginas despertarán enérgicas objeciones. Existen otros libros en los que se exponen distintas opiniones. La discusión razonada es el alma de la ciencia, como no lo es, por desgracia, en el terreno intelectualmente más anémico de la política. Pero creo que las opiniones que ofrecen ocasión de una mayor controversia y que aquí se exponen, tienen, sin embargo, valiosos elementos de significado científico. Deliberadamente he introducido el mismo concepto en contextos ligeramente diferentes y en ciertos lugares donde creí se precisaba de la discusión. El libro está cuidadosamente estructurado, pero, para aquellos lectores que sólo deseen escudriñar, la mayor parte de los capítulos les ofrecerán todos los elementos adecuados para llevarlo a cabo.

Fueron demasiadas las personas que me ayudaron a configurar las opiniones que expongo sobre estos temas como para poder expresarles mi reconocimiento a todas ellas desde estas páginas, pero al releer los capítulos considero que me encuentro especialmente en deuda con Joseph Veverka y Frank Drake, ambos de la Cornell University, y con quienes durante los últimos años discutí tantos aspectos de esta obra. El libro fue redactado parcialmente durante un largo viaje transcontinental en un automóvil muy pequeño. Doy las gracias a Linda y a Nicholas por su estímulo y paciencia. También agradezco a Linda los dos dibujos en los que aparecen dos

apuestos seres humanos y un elegante unicornio. Por otro lado, expreso mi profundo reconocimiento al fallecido Mauritz Escher, por el permiso concedido para reproducir su *Otro Mundo*, y a Robert Macintyre, por la figura humana y campo de estrellas de la tercera parte. Los cuadros y dibujos de John Lomberg constituyeron, para mí, auténtica fuente de emoción estética e intelectual, y le agradezco la producción de muchos de ellos especialmente para este libro. Las cuidadosas reproducciones fotográficas de Hermann Eckleman sobre la obra de Lomberg han facilitado mucho su publicación en este libro. Y, por supuesto, doy las gracias a Jerome Agel, sin cuya dedicación y perseverancia este libro jamás se hubiese escrito.

Por otra parte, me siento en deuda con John Naugle, de la NASA, por mostrarme su archivo de respuestas de la opinión pública a la placa del Pioneer 10; con el Oregon System of Higher Education, por el permiso concedido para reproducir algunas ideas de mi libro *Planetary exploration*; al Forum de Historia Contemporánea, de Santa Bárbara, por el permiso para publicar una parte de mi carta distribuida por el Forum en enero de 1973; a la Cornell University Press, por el permiso para reimprimir parte de mi capítulo «*Los extraterrestres y otras hipótesis*», de *UFO's: A scientific debate*, editado por Carl Sagan y Thornton Page, Cornell University Press, 1972. Asimismo, estoy muy reconocido a todos cuantos me han autorizado a reproducir, en el capítulo IV, sus observaciones sobre la placa *Pioneer 10*. La evolución de este libro a través de muchas maquetas sin duda se debe mucho a la capacidad técnica de Jo Ann Cowan y, sobre todo, de Mary Szymanski.

**Carl Sagan**



*Otro Mundo* de M. C. Escher.

## Primera Parte: Perspectivas cósmicas

*No dejaremos de explorar  
y al final de toda nuestra investigación  
habremos llegado a donde comenzamos  
y conoceremos el lugar por vez primera...  
cuando las lenguas de fuego se plieguen  
para formar un nudo de fuego  
y el fuego y la rosa sean sólo uno.*

**T. S. Eliot**

*Four quartets*



*Imagen sin título* de Jon Lomberg.

## 1. Un animal de transición

Hace cinco mil millones de años, cuando apareció el Sol, el Sistema Solar se transformó desde una nebulosa impenetrable a un cegador chorro de luz. En las partes interiores del Sistema Solar, los primeros planetas eran grupos irregulares de roca y metal –los desechos, los constituyentes menores de la nube inicial, el material que no se había alejado tras la ignición del Sol.

Estos planetas se calentaron al formarse. Los gases atrapados en su interior fueron exudándose, valga la expresión, para formar atmósferas. Se derritieron sus superficies y los volcanes fueron cosa común.

Las primeras atmósferas se componían de los más diversos átomos y eran muy ricas en hidrógeno. La luz del Sol, al incidir sobre las moléculas de la primitiva temprana atmósfera, las excitó, provocó choques moleculares y produjo moléculas de mayor tamaño. Bajo las inexorables leyes de la Química y la Física, estas moléculas actuaron recíprocamente, formaron verdaderos océanos y dieron lugar a la producción de otras moléculas mucho mayores, moléculas bastante más complejas que aquellos átomos iniciales de las cuales se habían formado, pero todavía microscópicas ante toda posible medida o norma humana.

Estas moléculas, notablemente suficientes, son las que nos forman. Los bloques de construcción, por así decirlo, de los ácidos nucleicos, que constituyen nuestro material hereditario, y los bloques de cimentación de las proteínas, los obreros que ejecutan el trabajo de la célula, se produjeron de la atmósfera y océanos de la primitiva Tierra. Sabemos esto porque hoy día podemos reproducir dichas moléculas repitiendo las condiciones primitivas.

Casualmente, hace muchos miles de millones de años, se formó una molécula que poseía una capacidad notable. Era capaz de producir, de los bloques de construcción moleculares de las aguas circunstantes, una copia de sí misma, un doble de sí misma bastante exacto. En este sistema molecular hay un conjunto de instrucciones, un código molecular que contiene la secuencia de bloques de edificación de los cuales se construye la molécula mayor. Cuando, por accidente, se produce un cambio en la secuencia, también se modifica la copia o lo que hemos llamado «doble». Semejante sistema molecular –capaz de replicación, mutación y repetición de sus mutaciones– puede denominarse «vivo». Es una colección de moléculas que puede evolucionar mediante la selección natural. Las moléculas capaces de replicar con mayor rapidez, o de reproducir bloques de construcción partiendo de cuanto les rodea para alcanzar una mayor variedad, una variedad más útil, se reprodujeron con mayor eficacia que sus competidoras, y con el tiempo dominaron.

Pero las condiciones cambiaron gradualmente. El hidrógeno escapó al espacio. La producción de bloques moleculares de edificación declinó. Disminuyó el material alimenticio que, antiguamente, existía en gran abundancia. Se expulsó a la vida del jardín molecular del Edén. Tan sólo fueron capaces de sobrevivir aquellos conjuntos de moléculas capaces de transformar cuanto les rodeaba, capaces de producir

máquinas moleculares eficaces para la conversión de moléculas simples en otras complejas aptas para la supervivencia. Aislándose de cuanto las rodeaba, manteniendo las primitivas condiciones idílicas, aquellas moléculas que se rodeaban de membranas tenían una ventaja. Surgieron las primeras células.

Al carecer o al no ser fáciles de obtener los bloques moleculares de edificación, los organismos tuvieron que trabajar duramente para formarlos. Las plantas fue el resultado. Las plantas se inician con aire y agua, minerales y luz solar, y producen bloques moleculares de edificación, de muy elevada complejidad. Los animales, como los seres humanos, son parásitos en las plantas.

Los cambios de clima y competencia entre lo que era entonces amplia diversidad de organismos dio origen a una mayor especialización, una sofisticación de funciones y una elaboración de forma. Una rica formación de plantas y animales comenzó a cubrir la Tierra. Aparte de los primeros océanos en los que surgió la vida, se colonizaron nuevos ambientes, como la tierra y el aire. Entonces, los organismos ya vivían desde la cima del monte Everest hasta los rincones más profundos de los abismos. Los organismos viven en soluciones concentradas, ardientes, de ácido sulfúrico y en secos valles del Antártico. Los organismos viven en el agua condensada y retenida en un simple cristal de sal.

Las formas de vida desarrolladas que armonizaban bien con sus ambientes específicos, se adaptaron admirablemente a las condiciones reinantes. Pero éstas cambiaron. Los organismos estaban demasiado especializados. Murieron. Otros organismos se adaptaron en peores condiciones, pero estaban más generalizados. Las circunstancias cambiaron, el clima varió, pero los organismos fueron capaces de persistir. Muchas más especies de organismos han muerto durante la historia de la evolución terrestre que los que viven hoy día. El secreto de la evolución es el tiempo y la muerte.

Entre las adaptaciones que parecen ser útiles está la que llamamos inteligencia. La inteligencia es la ampliación de una tendencia evolucionista que se manifiesta en los organismos más simples: la tendencia hacia el control del ambiente. El adicto y fiel método biológico de control ha sido el material hereditario: información transmitida por ácidos nucleicos de generación en generación, información sobre cómo construir un nido, información sobre el temor a las caídas, a las serpientes, o a la obscuridad; información sobre cómo volar hacia el Sur durante el invierno. Pero la inteligencia necesita información sobre una cualidad adaptable desarrollada durante la vida completa de un solo ser. Hoy día existe una variedad de organismos en la Tierra que poseen esta cualidad que llamamos inteligencia. Los delfines la tienen y lo mismo ocurre con los grandes antropoides. Pero es mucho más evidente en el organismo llamado hombre.

En el hombre no sólo existe esa información de adaptabilidad adquirida en la vida de un solo individuo, sino que se transmite estratégicamente a través de la cultura, libros y educación. Es precisamente esto, más que otra cosa, lo que ha elevado al hombre a su actual estado preeminente en el planeta Tierra.

Somos el producto de cinco mil millones de años de evolución biológica lenta, fortuita, y no hay razón alguna para pensar en que se haya detenido tal proceso

evolutivo. El hombre es un animal en período de transición. No es el climax de una creación.

La Tierra y el Sol existirán muchos más miles de millones de años. El futuro desarrollo del hombre probablemente dependerá de una disposición cooperadora entre la evolución biológica controlada, manejos genéticos y una íntima asociación entre organismos y máquinas inteligentes. Pero no creo que haya nadie que pueda emitir pronóstico alguno de esta evolución futura. Lo que sí resulta evidente es que no podemos permanecer estáticos.

Al parecer, en nuestra historia más primitiva, los individuos eran adictos a su inmediato grupo tribal, que posiblemente no sobrepasaría los diez o veinte individuos, todos ellos emparentados por lazos de consanguinidad. A medida que el tiempo transcurrió, la necesidad de un comportamiento de cooperación —en la caza de grandes animales o rebaños, en la agricultura y en el desarrollo de ciudades— obligó a los seres humanos a formar grupos cada vez mayores. En la actualidad, ejemplo particular de los cinco mil millones de años de historia de la Humanidad, la mayoría de los seres humanos deben fidelidad y obediencia al estado-nación (aunque algunos de los problemas políticos más peligrosos surjan todavía a causa de conflictos tribales relacionados con unidades de población muy pequeñas).

Muchos líderes visionarios han imaginado una época en la que la devoción, obediencia o fidelidad de un ser humano individual no se centre en su particular estado-nación, religión, raza o grupo económico, sino que lo haga sobre toda la Humanidad en su conjunto, es decir que cuando se beneficie a un ser humano de otro sexo, raza, religión, que se encuentra a una distancia de nosotros de quince mil kilómetros, el hecho nos sea tanpreciado como si hubiésemos favorecido a nuestro propio hermano o vecino. Se tiende a seguir el criterio, pero el avance es sumamente lento. Aquí es preciso hacerse una pregunta muy seria sobre si se podrá lograr semejante auto-identificación global de la Humanidad antes de que nos destruyamos con las fuerzas tecnológicas que ha desarrollado nuestra inteligencia.

En un sentido muy real, los seres humanos son máquinas construidas por los ácidos nucleicos para disponer una eficiente repetición de más ácidos nucleicos. En cierto sentido, nuestras necesidades más acuciantes, las más nobles empresas, y el manifiesto libre albedrío, son una expresión de la información codificada en el material genético: en cierto sentido, somos depósitos temporales y ambulantes de nuestros ácidos nucleicos. Esto no niega nuestra humanidad. No nos impide perseguir el bien, la verdad y lo bello. Pero sería un gran error ignorar de dónde procedemos en nuestros intentos por determinar a dónde vamos.

No cabe duda alguna de que nuestro sistema instintivo se ha modificado poco desde los días en que los hombres se reunían para cazar, hace varios centenares de miles de años. Nuestra sociedad ha cambiado enormemente desde aquellos tiempos, y los más grandes problemas de supervivencia en el mundo contemporáneo pueden entenderse en términos de este conflicto, entre lo que «sentimos» que debemos hacer obedeciendo a nuestros instintos más primarios, y lo que «sabemos» que debemos hacer obedeciendo, finalmente, a nuestra cultura extragenética.

Si sobrevivimos en estos peligrosos tiempos, resulta evidente que incluso una identificación con toda la Humanidad no es la identificación deseable y fundamental.



Si sentimos profundo respeto por otros seres humanos como iguales receptores de este precioso patrimonio de cinco mil millones de años de evolución, ¿por qué no ha de aplicarse tal identificación también a todos los demás organismos de la Tierra que son, asimismo, el producto del mismo número de años de evolución? Cuidamos de una pequeña fracción de organismos de la Tierra como, por ejemplo, perros, gatos y vacas –porque son útiles o porque nos halagan–. Pero las arañas, las salamandras, el salmón y el girasol son igualmente nuestros hermanos y hermanas.

Creo que la dificultad que todos experimentamos de extender nuestros horizontes de identificación en tal sentido es, en sí misma, genética. Las hormigas de una tribu lucharán hasta morir ante la intrusión de otras hormigas pertenecientes a diferente tribu. La historia humana está llena de casos monstruosos de pequeñas diferencias –pigmentación de la piel, especulación teológica abstrusa o forma de vestir y estilo de peinado–, que son causa de hostigamiento, esclavitud y asesinatos.

Un ser exactamente igual a nosotros, pero con una pequeña diferencia fisiológica – un tercer ojo, o pelo azul que cubra su nariz y frente–, es algo que provoca sentimientos de repugnancia o retroceso. Tales sentimientos pueden haber tenido un valor aceptable en otras épocas al defender nuestra pequeña tribu contra las bestias o los vecinos. Pero en nuestra época estos sentimientos son peligrosos y anticuados.

Ha llegado el momento de sentir respeto y reverencia no solamente hacia los seres humanos, sino también hacia todas las formas de vida; el mismo respeto que mostraríamos hacia una obra maestra de la escultura o hacia una máquina maravillosamente terminada. Desde luego, esto no significa que debamos abandonar los imperativos de nuestra propia supervivencia. El respeto hacia el bacilo del tétanos no llegará hasta el extremo de ofrecer nuestro cuerpo como medio de cultivo. Pero, al mismo tiempo, podemos recordar que aquí tenemos un organismo con una bioquímica que se remonta mucho más allá del pasado de nuestro planeta. El bacilo del tétanos está intoxicado por el oxígeno molecular, el que nosotros respiramos tan libremente. El bacilo del tétanos, pero no nosotros, se hallaría como pez en el agua en aquella atmósfera rica en hidrógeno y libre de oxígeno de la primitiva Tierra.

El respeto y reverencia hacia toda forma de vida es factor importantísimo en unas cuantas religiones del planeta Tierra, por ejemplo, entre los *jainos* de la India. Y algo que se aproxima mucho a esta idea es responsable de vegetarianismo, al menos en las mentes de muchos practicantes de esta dieta represiva. Pero, ¿por qué ha de ser mejor matar plantas que animales?

Los seres humanos sólo pueden sobrevivir matando otros organismos. Pero podemos realizar una compensación ecológica cultivando otros organismos; estimulando la plantación de bosques, impidiendo la matanza al por mayor de organismos como las ballenas y focas, organismos que pueden tener valor comercial o industrial, como asimismo declarando fuera de la ley la caza injustificada, y haciendo que el medio ambiente de la Tierra sea más agradable para todos sus habitantes.

Puede haber un momento, como expongo en la tercera parte de este libro, en el que entremos en contacto con otros seres inteligentes en un planeta de alguna lejana

estrella, con seres que cuentan con miles de millones de años de evolución completamente independiente, seres que es probable se parezcan poco a nosotros, aunque puedan pensar de forma parecida. Es importante que extendamos nuestros horizontes de identificación, no precisamente sobre las formas de vida más simples y humildes de nuestro planeta, sino también hacia formas de vida exóticas y avanzadas que puedan habitar con nosotros, en nuestra enorme galaxia de estrellas.

## 2. El unicornio de Cetus

En el cielo, cuando el aire está limpio y claro, hay un test de Rorschach que nos está esperando. Millares de estrellas brillantes y débiles, en deslumbradora variedad de colores, parecen cruzar el dosel de la noche. El ojo, irritado por aquel supuesto desbarajuste, buscando orden, tiende a organizar pautas o patrones entre alejados y distintos puntos de luz. Nuestros antepasados de hace miles de años, que se pasaban todo el tiempo al aire libre, un aire puro, estudiaron cuidadosamente todos estos patrones. Así se desarrolló toda una rica ciencia mitológica.

Gran parte del contenido original de esta mitología astral no ha llegado hasta nosotros. Es tan antigua, se ha reordenado y relatado tantas veces, sobre todo durante los últimos millares de años por individuos no familiarizados con el aspecto del cielo, que sin duda alguna se ha perdido gran parte de ella. Aquí y allá, en extraños lugares, aún permanecen los ecos de relatos cósmicos sobre los patrones que presenta el cielo.

En el *Libro de los Jueces* figura un relato acerca de un león atacado por un enjambre de abejas, incidente a primera vista raro y poco consecuente. Pero la constelación de *Leo*, en el cielo nocturno, se halla junto a un grupo de estrellas, visibles en una noche clara como un veloso retazo de luz llamado *Praesepe*. Por el aspecto que presenta, observado con el telescopio, los astrónomos modernos le llaman «*La Colmena*». Me pregunto si en el *Libro de los Jueces* no nos habrán dejado como herencia esa imagen de *Praesepe*, obtenida por algún hombre de vista excepcional que viviera en aquella época muy anterior al descubrimiento del telescopio.

Cuando contemplo el cielo por la noche, no puedo distinguir la figura o el perfil de un león en la constelación *Leo*. Veo la *Osa Mayor*, y, si la noche es clara, la *Osa Menor*. Me siento perdido si trato de hallar un cazador en *Orion* o la figura de un pez en la constelación de *Piscis* y, por supuesto, me resulta totalmente imposible ver la figura de un auriga o cochero en *Auriga*. Las bestias míticas, personajes e instrumentos, situados por los hombres en el cielo, son arbitrarios y no evidentes. Hay acuerdos, convenios, sobre cuál es esta o aquella constelación, acuerdos sancionados en años recientes por la International Astronomical Union, que traza límites separando una constelación de otra. Pero en el cielo hay muy pocas figuras claras.

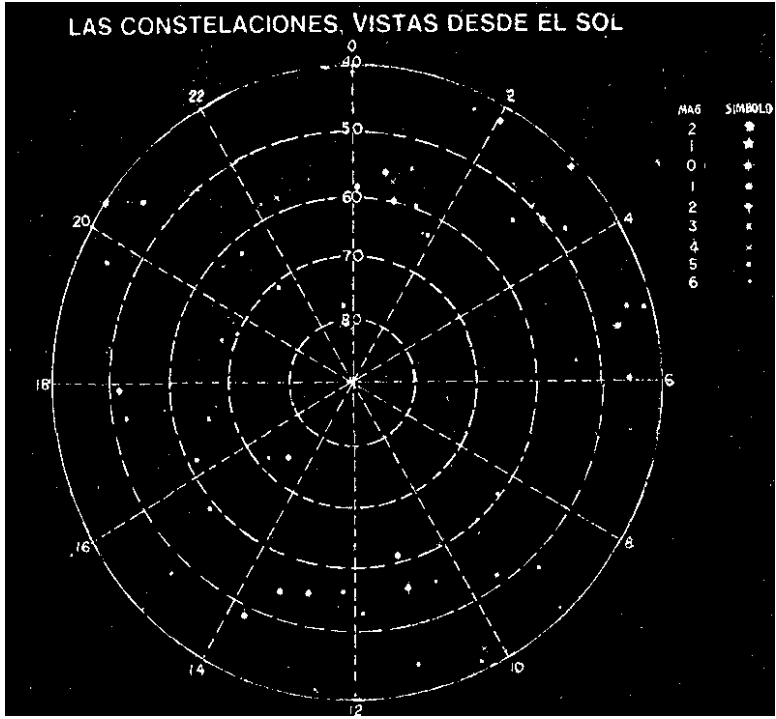
Estas constelaciones, aun cuando se dibujan en dos dimensiones, la verdad es que son tridimensionales. Una constelación como, por ejemplo, *Orion* está formada por estrellas brillantes situadas a considerables distancias de la Tierra y estrellas de menos luz situadas mucho más cerca. Si variásemos nuestras perspectivas, si moviésemos nuestro punto de vista –por ejemplo, con un vehículo espacial interestelar–, el aspecto del cielo cambiaría. Las constelaciones se deformarían lentamente.

Gracias a los esfuerzos realizados por David Wallace en el Laboratorio de Estudios Planetarios de la Cornell University, se ha podido programar una computadora con la información sobre las posiciones tridimensionales desde la Tierra a cada una de las más brillantes y cercanas estrellas, incluso de una quinta magnitud, el limitado fulgor

visible para el ojo desnudo en una noche clara. Cuando pedimos a la computadora que nos muestre el aspecto que presenta el cielo visto desde la Tierra, observamos algunos resultados relacionados con la deformidad antes mencionada en las figuras acompañantes: Una deformación para las constelaciones del Norte, circumpolares, incluyendo la *Osa Mayor*, la *Osa Menor*, y *Casiopea*; otra para las constelaciones del Sur, circumpolares, incluyendo la *Cruz del Sur*; y otra para la amplia gama de estrellas situadas en latitudes medias incluyendo *Orion* y las constelaciones del *Zodiaco*. Si el lector no es un estudiante avezado en las constelaciones convencionales, creo que experimentará algunas dificultades en distinguir escorpiones y vírgenes en el cuadro general.

Luego pedimos a la computadora que nos muestre el cielo visto desde la estrella más cercana a la nuestra, Alfa Centauro, sistema de tres estrellas, situado a unos 4,3 años-luz de la Tierra. En función de la escala de nuestra galaxia Vía Láctea, ésta es una distancia tan corta que nuestras perspectivas siguen siendo exactamente las mismas. La *Osa Mayor* se presenta igual que si se viera desde la Tierra. Casi todas las restantes constelaciones aparecen invariables. Sin embargo, hay una sorprendente excepción, y es la constelación *Casiopea*, la reina del antiguo reino, madre de Andrómeda y suegra de Perseo, que aparece como conjunto de cinco estrellas dispuestas en forma de W o M, dependiendo, naturalmente, de cómo haya girado el cielo. Sin embargo, desde Alfa Centauro se distingue una muesca extra en la M; una sexta estrella aparece en Casiopea, mucho más brillante que las otras cinco. Esa estrella es el Sol. Desde una situación ventajosa de la estrella más cercana, nuestro Sol es punto relativamente brillante, pero poco insinuante en el cielo nocturno. No hay manera de distinguir mirando a Casiopea desde el cielo de un hipotético planeta de Alfa Centauro que haya planetas girando alrededor del Sol, que en el tercero de estos planetas haya formas de vida, y que una de estas formas de vida se considere dotada de gran inteligencia. Si éste es aplicable a la sexta estrella en Casiopea, ¿no podría serlo también a innumerables millones de otras estrellas en el cielo nocturno?

Una de las dos estrellas que el Proyecto Ozma estudió hace una década buscando posibles indicios de inteligencia extraterrestre fue Tau Ceti, en la constelación de *Cetus* (tal y como se ve desde la Tierra), la ballena. La computadora dibujó el cielo como si fuera visto desde un hipotético planeta de Ceti. Ahora nos hallamos a un poco más de once años-luz de distancia del Sol. La perspectiva ha cambiado algo más. Ha variado la relativa orientación de las estrellas y quedamos en libertad de inventar nuevas constelaciones, «test» de proyecto psicológico para los cetianos.

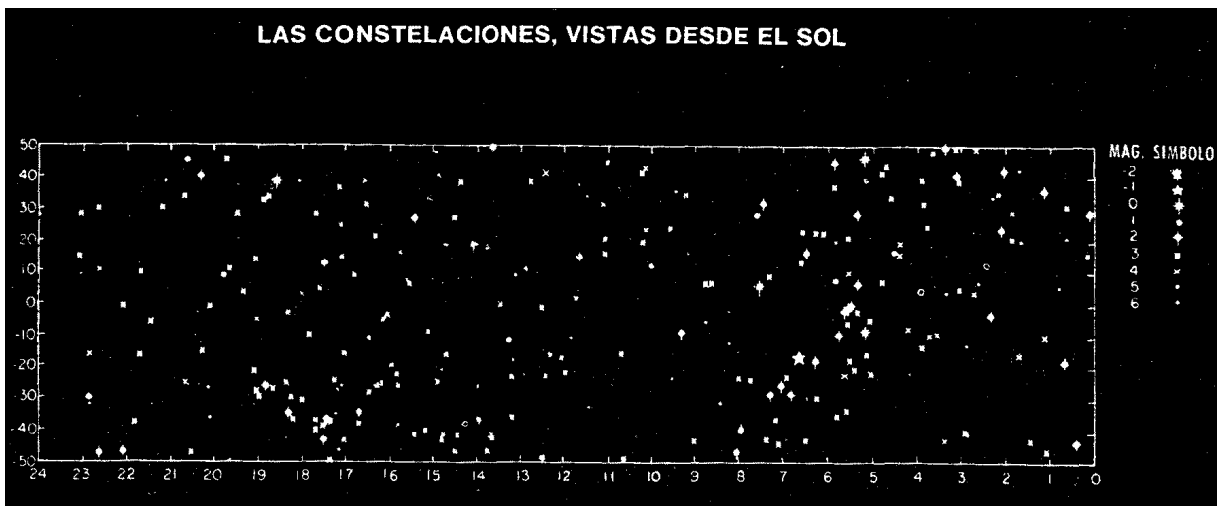


Las constelaciones de la zona septentrional del cielo, vistas desde las cercanías del Sol o de la Tierra.



La misma escena vista desde la estrella más cercana, Alfa Centauro. La nueva estrella de la constelación de *Casiopea*, cerca de 60° de latitud celeste y 2,5 horas de longitud celeste, es el Sol.

Pedí a mi esposa Linda, que es una buena artista, dibujara la constelación de un Unicornio en el cielo cetiano. Ya hay un unicornio en nuestro cielo, llamado *Monoceros*, pero deseaba que este unicornio fuese mayor y más elegante —y también ligeramente diferente a los unicornios terrestres comunes—, con seis patas, por ejemplo, en lugar de cuatro. Mi esposa inventó una linda bestia. En contra de lo que me esperaba, es decir que el animal presentara tres pares de patas, este especial unicornio aparece galopando orgullosamente sobre dos grupos de tres patas cada uno. Da la impresión de que el animal está realizando un verdadero galope. Hay una diminuta estrella que apenas se ve, situada en el punto donde se unen la cola y el cuerpo del unicornio. Esa estrella tan débil y tan mal colocada es el Sol. Los cetianos pueden considerarla como divertida especulación de que una raza de seres inteligentes vive en un planeta que gira alrededor de la estrella, que casi une al unicornio con su cola.



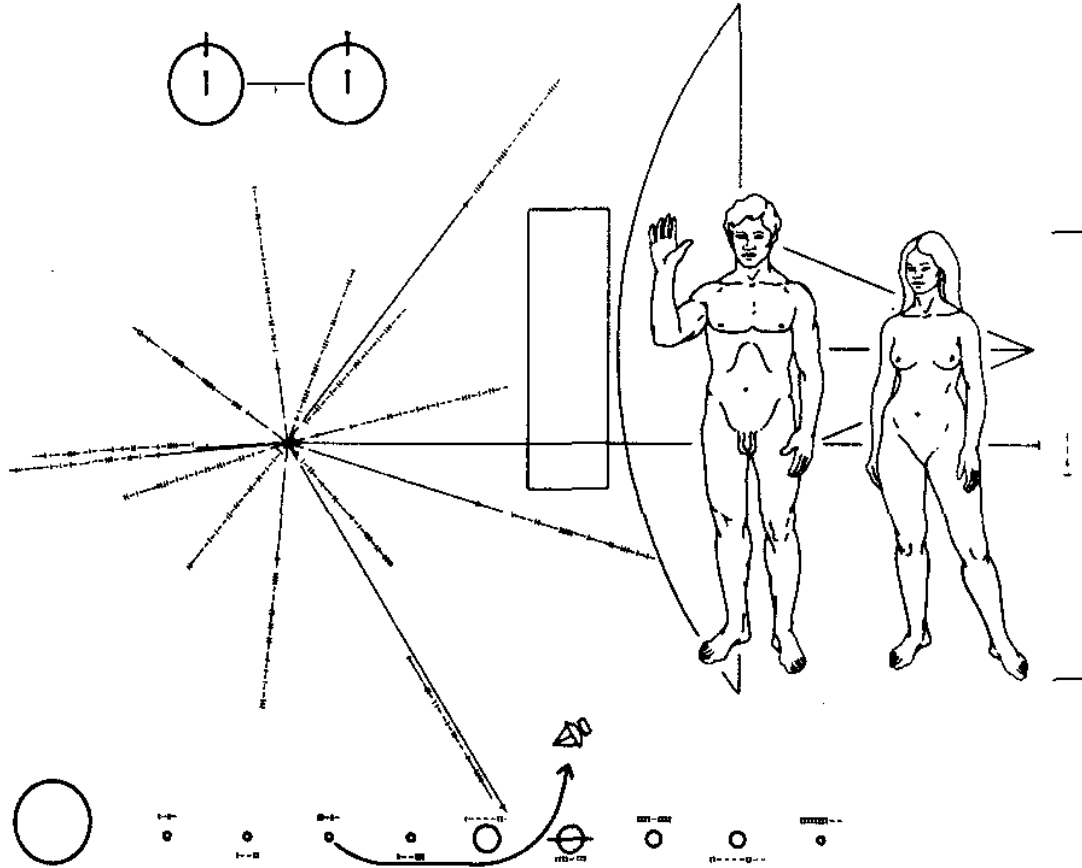
Las estrellas más brillantes vistas desde la Tierra y el Sol, que no están cerca de los polos celestes Norte o Sur.



Las mismas estrellas, vistas desde Tau Ceti una de las estrellas más próximas, como el Sol. En el cielo de Tau Ceti, el Sol es estrella de cuarta magnitud.

Quando nos movemos a distancias mayores del Sol que Tau Ceti –a cuarenta o cincuenta años-luz– el Sol aminora todavía más su brillo hasta ser invisible al ojo humano. Los largos viajes interestelares –si algún día llegan a realizarse– no emplearán al Sol como punto de referencia. Nuestra poderosa estrella de la cual depende toda vida sobre la Tierra, nuestro Sol, que es tan brillante que se corre el peligro de quedarse ciego si se le contempla directamente, no se ve en absoluto a una distancia de unas cuantas docenas de años-luz, una milésima parte de la distancia que hay al centro de nuestra Galaxia.

### 3. Un mensaje de la Tierra



La placa a bordo de la nave espacial *Pioneer 10*.

El primer intento serio que hizo la Humanidad por comunicarse con civilizaciones extraterrestres tuvo lugar el 3 de marzo de 1972, con el lanzamiento del *Pioneer 10* desde Cabo Kennedy. El *Pioneer 10* fue el primer vehículo espacial que se diseñó para explorar el medio ambiente del planeta Júpiter y, antes en su viaje, los asteroides que hay entre las órbitas de Marte y Júpiter. Su órbita: no sufrió trastorno alguno por parte de un asteroide errante; el factor seguridad se calculó en la proporción de 20 a 1. Se aproximó a Júpiter el día 3 de diciembre de 1973, y en ese momento sufrió una aceleración por la gravedad de Júpiter para convertirse en el primer objeto volador construido por el hombre que abandonaba el Sistema Solar. Su velocidad de despegue es aproximadamente de 13 km/s.

El *Pioneer 10* es también el objeto más veloz lanzado hasta la fecha por la Humanidad. Pero el espacio está muy vacío y las distancias entre las estrellas son enormes. En los próximos diez mil millones de años, el *Pioneer 10* no penetrará en el sistema planetario de ninguna otra estrella, aun suponiendo que todas las estrellas



de la Galaxia cuenten con tales sistemas planetarios. La nave espacial necesitará unos 80.000 años para recorrer la distancia que hay a la estrella más próxima situada a 4,3 años-luz de la Tierra.

Pero el *Pioneer 10* no ha sido dirigido hacia las proximidades de la estrella más cercana. En lugar de esto, viajará hacia un punto situado en la esfera celeste cerca del límite de las constelaciones de *Tauro* y *Orion*, donde no hay objetos cercanos.

Es posible que la nave espacial se encuentre con una civilización extraterrestre, siempre y cuando dicha civilización posea gran capacidad de vuelos interestelares y pueda interceptar semejantes naves espaciales en las que impera el silencio.

La colocación de un mensaje a bordo del *Pioneer 10* es algo similar a la botella que lanza al océano el marinero que ha naufragado, botella con un mensaje en su interior, con la esperanza de que llegue a manos de alguien. Pero el océano espacial es muchísimo más vasto que cualquier océano de la Tierra.

Cuando me llamó la atención la posibilidad de colocar un mensaje en una «botella espacial», me puse en contacto con la oficina de proyectos del *Pioneer 10* y con el cuartel general de la NASA con objeto de comprobar si existía alguna probabilidad de que mi sugerencia tuviera algún eco. Ante mi sorpresa y alegría, la idea encontró apoyo inmediato en todos los escalones jerárquicos de la NASA, a pesar de que era –según las normas generales– ya muy tarde para realizar incluso mínimos cambios en la nave espacial. Durante una reunión de la Sociedad Americana de Astronomía celebrada en San Juan de Puerto Rico, en diciembre de 1971, discutí en privado, con mi colega el profesor Frank Drake, también de Cornell, qué forma podrían adoptar los posibles mensajes que colocaríamos a bordo. Al cabo de unas cuantas horas decidimos a título de prueba, cuál sería el contenido del mensaje. Luego, las figuras humanas se añadieron mediante el trabajo personal de mi esposa-artista, Linda Salzman Sagan. Sin embargo, no creemos que sea el mensaje más óptimo que se pueda concebir para tal propósito: solamente disponíamos de tres semanas de plazo para la presentación de la idea, dibujo y diseño del mensaje, su aprobación por la NASA y la grabación de la placa final. En 1973, ya se ha lanzado al espacio una placa de identificación en el *Pioneer 11*, en una misión similar.

Se trata de una plancha de 15 x 23 cm, de aluminio y oro anodizado, sujeta a los puntales que soportan la antena del *Pioneer 10*. El índice de desgaste que se puede esperar en el espacio interestelar es suficientemente pequeño como para que este mensaje pueda permanecer intacto durante centenares de millones de años, y probablemente, por un período de tiempo mucho mayor. De aquí que éste sea el artefacto construido por la Humanidad con una más larga esperanza de vida.

El mensaje intenta comunicar con los locales, manifestar época y algo sobre la naturaleza de los constructores de la nave espacial. Está escrito en el único lenguaje que compartimos con los destinatarios: la ciencia. En la parte superior izquierda aparece una representación esquemática de la transición entre giros de electrones de protones paralelos y antiparalelos del átomo de hidrógeno neutro. Bajo esta representación está el número binario 1. Tales transiciones de hidrógeno están acompañadas por la emisión de un fotón en radiofrecuencia de una longitud de onda de aproximadamente 21 cm y una frecuencia de unos 1.420 megahertz. Así, hay una distancia característica y un tiempo característico asociados a la transición. Puesto

que el hidrógeno es el átomo más abundante en la Galaxia, y como la física es igual en toda la Galaxia, creemos que una civilización avanzada no tendrá dificultad alguna en comprender esta parte del mensaje. Pero, como comprobación, en el margen derecho aparece el número binario 8 (1---) entre dos marcas, indicando la altura de la nave espacial *Pioneer 10*, representada tras el hombre y la mujer. Una civilización que reciba la placa sin duda también recibirá la nave espacial, y podrá determinar que la distancia indicada es evidentemente cercana a ocho veces 21 cm, confirmando así que el símbolo de la parte superior izquierda representa la transición del hidrógeno.

Figuran más números binarios en el dibujo radial que abarca la parte principal del diagrama en el centro izquierda. Estos números, si estuvieran escritos en el sistema decimal, estarían formados por diez dígitos. Deben representar distancias o tiempos. Si son distancias, entonces serán de un orden varias veces 10<sup>11</sup> cm, o unas cuantas docenas de veces la distancia que hay entre la Tierra y la Luna. Es muy probable que nosotros les considerásemos útiles para la comunicación. A causa del movimiento de los objetos dentro del Sistema Solar, tales distancias varían de manera continua y compleja.

Sin embargo, los correspondientes tiempos están en el orden de 1/10 segundos a 1 segundo. Estos son los períodos característicos de los pulsares, fuentes naturales y regulares de emisión radiocósmica; los pulsares son estrellas neutrónicas que giran rápidamente, producidas en catastróficas explosiones estelares (véase el capítulo 38). Creemos que una civilización científicamente sofisticada no tendrá dificultad alguna en comprender el dibujo radial, así como las posiciones y períodos de 14 pulsares con respecto al Sistema Solar de lanzamiento.

Pero los pulsares son relojes cósmicos que se gastan, por así decirlo, bajo índices bien conocidos. Los que reciban el mensaje deberán preguntarse a sí mismos no sólo dónde fue siempre posible ver 14 pulsares dispuestos en posición tan relativa, sino también cuándo fue posible verlos. Las respuestas son: únicamente desde un volumen muy pequeño de la Vía Láctea y en un solo año en toda la historia de la Galaxia. Dentro de los límites de ese pequeño volumen hay, quizá, mil estrellas; solamente una de ellas ha de tener el orden, de planetas con distancias relativas tal y como se indica en el fondo del diafragma. Asimismo se muestran los tamaños aproximados de los planetas y los anillos de Saturno; por supuesto, de forma esquemática. Por otra parte, en el diafragma se muestra una representación esquemática de la trayectoria inicial de la nave espacial lanzada desde la Tierra, como también su paso junto a Júpiter. Así, el mensaje especifica una estrella en aproximadamente doscientos cincuenta mil millones, y un año (1970) en aproximadamente diez mil millones de años.

Hasta este punto, el contenido del mensaje debe ser suficientemente claro para una civilización extraterrestre avanzada, que sin duda tendrá que examinar también a todo el *Pioneer 10*. Probablemente, el mensaje es mucho menos claro para el hombre de la calle, si esta calle se halla en la Tierra. (Sin embargo, las comunidades científicas de la Tierra no han experimentado ninguna dificultad para descifrar el mensaje.) Podemos asegurar que el caso se presenta al revés en cuanto se refiere a las representaciones de los seres humanos que aparecen en la derecha. Los seres extraterrestres, que son el producto de cinco mil millones de años o más de

evolución biológica independiente, puede que no se parezcan en absoluto a los humanos, ni tampoco sea igual todo cuanto se refiera a las convenciones sobre perspectivas y dibujo que existen aquí. En consecuencia, es muy probable que la parte más misteriosa del mensaje la constituyan los seres humanos.

#### 4. Un mensaje a la Tierra

La dorada tarjeta de visita o saludo, situada a bordo del *Pioneer 10*, tenía como objetivo principal, sí alguna vez se daba tal remota contingencia, de que los representantes de una avanzada civilización terrestre pudiesen hallar o recibir este primer artefacto de la Humanidad que abandonaba el Sistema Solar por vez primera. Pero el mensaje tuvo un impacto mucho más inmediato. Ya fue detalladamente estudiado, no por seres extraterrestres, sino por terrestres. Los seres humanos de toda la Tierra lo han examinado, aplaudido, criticado, interpretado, e incluso han propuesto otra clase de mensajes.

Los gráficos del mensaje se reprodujeron ampliamente en periódicos y programas de televisión, en revistas literarias, gráficas y en publicaciones nacionales de carácter científico. Hemos recibido cartas de científicos, amas de casa, historiadores y artistas feministas y homosexuales, oficiales del Ejército y funcionarios del Estado. Incluso recibimos una carta de un profesor de contrabando. Nuestra placa fue reproducida por una compañía de grabación para su comercialización, así como por un distribuidor de juegos científicos para niños, un fabricante de tapicerías, una fábrica italiana especializada en lingotes de plata... todos, a propósito, sin contar para ello con la más mínima autorización.

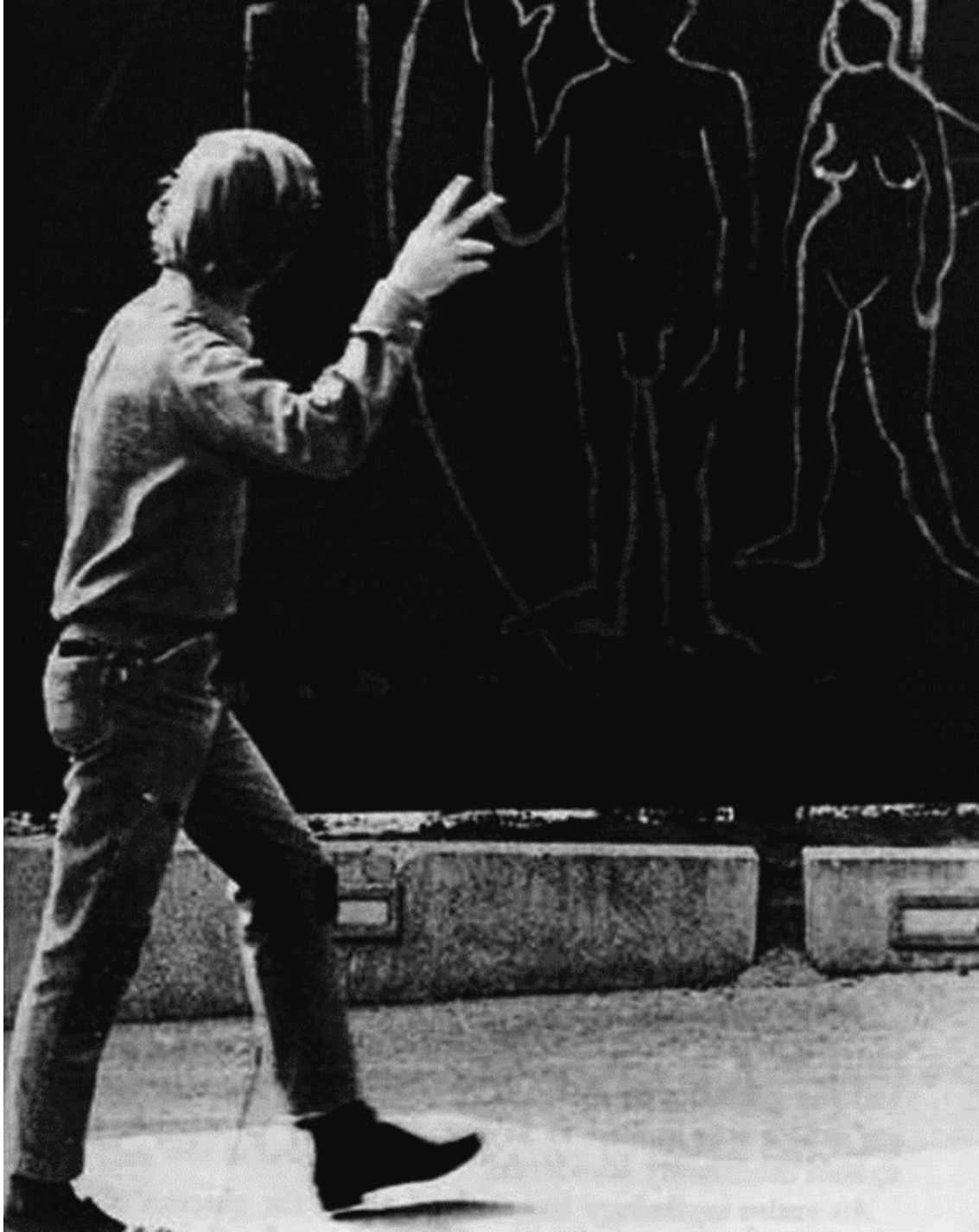
La mayor parte de los comentarios fueron favorables y algunos hasta entusiásticos. Los enormes tableros de publicidad callejeros del *Tribune* de Ginebra, Suiza, anunciaban:

*«Message de la NASA pour les extraterrestres!»*

Nos escribió un científico para decirnos que la base científica y su descripción de la placa que publicamos en el diario americano *Science* era el primer documento científico que realmente le había hecho derramar lágrimas de alegría. Un corresponsal en Athens, Georgia, escribe:

*«Todos nos habremos ido antes de que este particularísimo mensaje haya sido recogido por algún indescriptible ser espacial, pero aun así su misma existencia, la audacia del sueño, produce inevitablemente en mí –y en muchos otros, lo sé– los sentimientos de un Balboa, un Leeuwenhoek, de un ser humano al sentirse muy humano.»*

En el Instituto de Tecnología de California, donde la inscripción es un misterio, algún artista desconocido dibujó el mensaje sobre el muro de un solar, despertando amistosos saludos por parte de los peatones y vecinos que esperamos sirvan de modelo a los lectores extraterrestres.



**Graffiti en Caltech: una respuesta a la placa del *Pioneer 10*. Cortesía de *Engineering and Science*, California Institute of Technology, Pasadena, California.**

Pero también hubo comentarios críticos. No se dirigían hacia el mapa pulsar, núcleo científico del mensaje, sino más bien a la representación del hombre y la mujer. Los dibujos originales de esta pareja fueron hechos por mi esposa y se basaron en los modelos clásicos de la escultura griega y en los dibujos de Leonardo da Vinci. Los dos seres no aparecen cogidos de la mano, ya que esto podría inducir a pensar a los

extraterrestres que la pareja es un solo organismo unido por las yemas de los dedos (en ausencia de caballos indígenas, tanto los aztecas como los incas consideraban al conquistador montado como un solo animal, especie de centauro con dos cabezas). El hombre y la mujer no se muestran en la placa adoptando la misma postura, de manera que pueda reflejarse la flexibilidad de los miembros, aunque entendemos perfectamente que las normas de perspectivas y dibujo lineal de la Tierra no signifiquen nada o casi nada para civilizaciones con otras normas artísticas.

La mano derecha del hombre está alzada en el gesto que una vez leí en un libro de antropología se considera como signo «universal» de buena voluntad, aunque tal universalidad sea, por supuesto, poco probable. Al menos, el saludo muestra nuestros pulgares opuestos. Solamente una de las dos personas presenta la mano alzada en ademán de saludo, a menos que –también podría darse el caso– los receptores dedujeran equivocadamente que uno de nuestros brazos está doblado de manera permanente por el codo. Algunas señoras escribieron quejándose de que la mujer aparece adoptando una actitud demasiado pasiva. Una de ellas escribió diciendo que también le agradaría saludar al Universo con ambos brazos extendidos, en gesto de salutación muy femenina. La principal crítica femenina se centra sobre el hecho de que la mujer no está dibujada del todo, que aparece sin ninguna huella exterior que indique su sexo. La decisión de omitir este detalle en el diagrama se tomó, en parte, debido a que las estructuras griegas también lo omiten. Pero hubo otra razón: nuestro deseo de ver el mensaje lanzado con el *Pioneer 10*. Es probable, al mirar ahora hacia atrás, que entonces juzgáramos a las jerarquías politicocientíficas de la NASA como mucho más puritanas de lo que en realidad son. En las numerosas conversaciones que sostuve con dichos funcionarios, desde el Administrador General de la NASA hasta el consejero científico del Presidente, puedo asegurar que en momento alguno se pronunció ninguna gazmoñería victoriana, y que asimismo, en todo instante, se nos concedió gran ayuda y estímulo.

Sin embargo, resulta evidente que al menos algunos individuos se sintieron ofendidos por la representación humana en la placa. El *Sun Times* de Chicago, por ejemplo, publicó tres versiones de la placa en diferentes ediciones, todas en el mismo día: En la primera el hombre aparecía completo; en la segunda sufría de una extraña y repentina a la vez que fea castración; y en la versión final –sin duda para tranquilizar al padre de familia– aparecía sin ningún signo sexual en absoluto. Esto puede haber complacido a una corresponsal feminista que escribió al Times de New York, diciendo que se sentía tan furiosa por la incompleta representación de la mujer, que experimentaba el irresistible impulso de:

«...¡cortar el brazo derecho del hombre!»

El *Inquirer* de Filadelfia publicó en su primera página una ilustración de la placa pero suprimiendo los pezones de la mujer y el aparato genital del hombre. Al parecer, en tal ocasión, el ayudante del jefe de redacción dijo:

«Un periódico de familia debe mantener las sanas normas de la comunidad.»

Toda una completa mitología se desarrolló sobre la ausencia de signos visibles genitales femeninos. Fue una columna escrita por el respetado escritor científico Tom O'Toole, del *Post* de Washington, la que primero informó sobre el hecho de que

los funcionarios de la NASA habían censurado una original representación de la mujer. Esta historia circuló por toda la nación escrita por columnistas como Art Hoppe, Jack Stapleton Jr., y otros. Stapleton imaginaba a los encolerizados y escandalizados ciudadanos de otro planeta recibiendo la placa, y en plena furia de ultraje moral cubrían con cinta adhesiva la representación pornográfica de los pies del hombre y la mujer. Una carta dirigida al *Daily News* proponía que, si había que censurar a la mujer, entonces, consecuentemente, debían haberse pintado de azul las narices de los dos seres humanos. Una carta publicada en la revista *Playboy*, carta muy dura, se quejaba de esta intrusión de la censura gubernamental en las vidas de los ciudadanos. Por otra parte, hubo muchas publicaciones de ciencia-ficción que en sendos editoriales censuraron duramente la intervención del Gobierno.

La sexualidad que pueda haber en el mensaje también provocó auténticos incendios epistolares. El *Times* de Los Angeles publicó la carta de un airado lector, quien decía:

*«Debo decir que me sentí sumamente escandalizado por la tremenda exhibición de los órganos sexuales masculinos y femeninos que aparecen en la primera página del Times. Seguramente este tipo de explotación sexual está muy por debajo de las normas que nuestra comunidad espera del Times.»*

*» ¿No es ya suficiente que tengamos que soportar el bombardeo de pornografía con que nos abruman películas y las revistas gráficas? ¿No es ya cosa suficientemente dañina, para coronarlo todo, que nuestros propios funcionarios de las organizaciones espaciales hayan considerado necesario extender esta suciedad incluso más allá de nuestro Sistema Solar?»*

Esta misiva fue seguida, días más tarde, por otra carta publicada en el *Times*:

*«Ciertamente, estoy de acuerdo con todas aquellas personas que protestan por el envío de esos sucios dibujos al espacio. Creo que se debían haber suprimido los órganos de reproducción del hombre y de la mujer. Junto a ellos, debía de haberse dibujado una cigüeña con un pequeño paquete colgado del pico y descendiendo del cielo.»*

*«Entonces, si realmente deseamos que nuestros celestiales vecinos sepan en qué medida hemos progresado en el aspecto intelectual, debíamos haber incluido dibujos de Santa Claus, Easter Bunny, y Tooth Fairy.»*

El *Daily News*, de New York, publicaba un titular para el relato siguiendo las corrientes de la moda imperante:

*«Los desnudos y los mapas cuentan a otros mundos la historia de la Tierra.»*

Algunos de los corresponsales argumentaban que la función de los órganos sexuales no se haría en absoluto evidente, aun cuando apareciesen representados gráficamente, y nos estimulaban a que dibujásemos una secuencia de escenas en que apareciera la copulación. No había espacio suficiente para esto en una placa de tan escasas dimensiones. Me imagino también, en caso de haberse hecho esto, cuáles hubieran sido las cartas enviadas al *Times* de Los Ángeles.

Un artículo publicado en *Catholic Review* criticaba la placa porque:

«...lo incluye todo excepto Dios...»

y sugería que en lugar de dibujar un par de seres humanos habría que haber esbozado un par de manos enlazadas en gesto de oración.

Otro corresponsal sostenía que los detalles de perspectiva resultaban insuperablemente difíciles y nos animaba a que enviáramos al exterior los cadáveres completos de un hombre y una mujer. Se conservarían perfectamente en el frío del espacio y así los extraterrestres los podrían examinar con detalle. Naturalmente, nos negamos a hacerlo alegando un exceso de peso.

La primera página del *Barb*, de Berkeley, California, al parecer tratando de dar la impresión de que el hombre y la mujer del mensaje aparecían demasiado correctos y bien formados, los reprodujo con esta frase al pie:

«¡Hola! Somos de Orange County.»

Este comentario tocaba un aspecto de la representación del hombre y la mujer al que concedí gran importancia. En los dibujos originales de los que más tarde se hicieron los grabados, realizamos un gran esfuerzo para conseguir que tanto el hombre como la mujer tuvieran gran alcance racial. A la mujer se le dio aspecto físico agradable, y en cierta forma asiático, aunque parcialmente. Al hombre se le atribuyó nariz ancha, labios gruesos y corte de pelo «afro». En ambos seres también estaban presentes los característicos rasgos caucásicos. Esperábamos representar, al menos, tres de las principales razas humanas. En el grabado final sobrevivieron los labios, la nariz y el aspecto agradable en general, pero, como los cabellos de la mujer sólo están dibujados en contorno, a muchos les pareció rubia, destruyendo así la posibilidad de una significativa contribución de genes asiáticos. También, y en algún momento de la transcripción del dibujo original al grabado final, el aspecto «afro» se convirtió en un corte de pelo dado al hombre que aparecía con cabello rizado, corto, con aspecto muy mediterráneo. Sin embargo, el hombre y la mujer de la placa son, en gran medida, representantes de los sexos y razas humanas.

El profesor E. Gombrich, director del Warburg Institute, famosa escuela de arte de Londres, critica la placa en el *Scientific American*. Se preguntaba cómo es posible que se espere que la placa pueda ser visible a un organismo extraterrestre que quizá no haya desarrollado el sentido de la vista en longitudes de onda visibles. La respuesta se deriva simplemente de las leyes físicas. Las atmósferas planetarias absorben la luz del cercano sol o soles debido a tres procesos moleculares. El primero es un cambio en la energía de los electrones individuales adheridos a los átomos. Estas transiciones se dan en las zonas ultravioleta, rayos X y gamma del espectro y tienden a convertir en opacas las atmósferas planetarias en estas longitudes de onda. El segundo se trata de transiciones vibratorias que ocurren cuando dos átomos en una molécula determinada oscilan entre sí. Tales transiciones tienden a hacer que las atmósferas planetarias sean opacas en la cercana zona infrarroja del espectro. En tercer lugar, las moléculas sufren cambios giratorios debidos a la libre rotación de la molécula. Tales transiciones tienden a absorber la parte infrarroja más alejada. Como resultado, en general, la radiación de la cercana



estrella que penetra a través de una atmósfera planetaria se hallará en las partes visibles del espectro, las partes que no son absorbidas por la atmósfera.

De hecho, éstas son las principales «ventanas» que emplean los astrónomos para inspeccionar el Universo desde la superficie de la Tierra. Pero las longitudes de onda de radio son tan largas que ningún organismo de razonable tamaño puede desarrollar dibujos de sus alrededores con «ojos» de longitud de onda de radio. Por tanto, esperamos se perfeccionen sensores de frecuencia óptica entre organismos y en planetas de estrellas en toda la Galaxia.

Sin embargo, aun cuando imaginemos organismos cuyos ojos funcionen bien en la zona infrarroja (o en la región de rayos gamma) y que sean capaces de interceptar al *Pioneer 10* en el espacio interestelar, probablemente no sea mucho pedirles que posean artefactos que examinen, escudriñen y estudien la placa en frecuencias a las cuales sus ojos son insensibles.

Como las líneas grabadas en la placa son más oscuras que el aluminio de oro anodizado que las rodea, el mensaje debe aparecer completamente visible, incluso en la zona infrarroja.

Gombrich también nos hace objeto de una especie de reprimenda por pintar una flecha como señal de la trayectoria a seguir por la nave espacial. Mantiene que las flechas serían sólo comprensibles para civilizaciones que se han desarrollado, como la nuestra, partiendo de una sociedad cazadora. Pero aquí, de nuevo, no hace falta tropezarse con un extraterrestre demasiado inteligente para comprender el significado de la flecha. Hay una línea que se inicia en el tercer planeta de un sistema solar y termina en algún lugar del espacio interestelar, en representación esquemática de la nave espacial, que los descubridores del mensaje tienen «a mano»: La placa está unida a la nave espacial. A partir de esto, yo más bien esperarí que pudiesen discutir hasta llegar a nuestros antepasados cazadores.

De la misma manera, las distancias relativas de los planetas al Sol mostradas mediante anotación binaria en la parte inferior de la placa indican que nosotros empleamos la aritmética de base 10. A juzgar por el hecho de que tenemos diez dedos en los pies y otros diez en las manos –dibujados con algún cuidado en la placa–, espero que cualquier ser extraterrestre podrá deducir que usamos el número 10 como base y que algunos de nosotros contamos con los dedos. Asimismo, y a juzgar por la rigidez de los dedos de nuestros pies, incluso pueden deducir que procedemos de antepasados arbóreos.

Hay otros aspectos mediante los cuales el mensaje ha demostrado ser una prueba psicológica proyectiva. Un hombre escribió sobre su preocupación de que el mensaje haya condenado a toda la Humanidad. Alegaba que las películas americanas sobre la Segunda Guerra Mundial muy probablemente hacen publicidad mediante la transmisión televisiva al espacio interestelar, y que, a juzgar por tales programas, los extraterrestres fácilmente podrán deducir: 1) que los nazis eran individuos perversos, y 2) que se saludaban mutuamente con la mano extendida hacia el frente. Repito que, a juzgar por la forma en que está dibujado el hombre de la placa que alza su mano derecha de la misma forma en que nuestro corresponsal cree que era el saludo nazi, el hombre se siente sumamente preocupado porque los extraterrestres supongan que el bando peor fue el que ganó la Segunda Guerra

Mundial y que muy pronto enviarán a la Tierra una expedición de castigo para arreglar mejor las cosas.

Semejante carta, sin duda, describe mucho mejor el estado mental del que la escribe que el de los probables destinatarios del mensaje. La mano derecha, alzada en gesto de saludo, se halla históricamente relacionada con el militarismo, pero en forma negativa: Una mano alzada y vacía simboliza que no se lleva encima arma alguna.

Para mí, algunas de las más conmovedoras respuestas al mensaje son las obras de arte y poesía que motivó. El señor Aim Morhardt es pintor de acuarelas del desierto y sierras, que vive en Bishop, California, donde, quizá no por pura coincidencia, se encuentra situada la gigantesca estación de Goldstone del *Pioneer 10*. El poema del señor Morhardt decía:

### ***Pioneer 10: el mensajero de oro***

*La proa del dragón que cruzó los mares del Norte,  
buscando la aventura con el clan guerrero;  
la galante sirena se inclina bajo la brisa  
en barcarolas y mercantes de esbelto casco;  
todos los descubridores de desconocidas tierras  
se han ido en esta alada edad donde permanece la nada  
en busca de extraños tesoros de alguna costa extranjera  
abandonando la bien conocida tierra.*

*Ahora aparece el nuevo mascarón de proa del hombre  
enfrentándose a la desconocida inmensidad.*

*Desnudo, veloz como las estrellas, mucho más allá de la llamada de los años.  
Por parejas, o como extraño solitario en el exterior  
ve, diminuto mensajero de tu propia raza,  
y toca, si puedes, en puerto de algún lugar lejano.*

El señor Arvid F. Sponberg, de Belfast, Irlanda del Norte, escribió:

*«El viaje del Pioneer 10 –y los viajes de otros como él– producirán un efecto que los poetas, pintores, y músicos no podrán ignorar por más tiempo. La existencia de la idea del Pioneer 10 es prueba de esto. La misión científica, por supuesto, tiene valor e interés incalculables, pero la idea del viaje posee un valor imaginativo mucho mayor. El Pioneer 10 nos acerca más al día en el que los artistas deben hacer frente al nuevo viaje del hombre como experiencia y no fantasía.»*

El señor Sponberg compuso para nosotros otro poema:

## La nueva Odisea

*Lejos, a gran distancia, más allá, carente de vínculos,  
descarriado, errante, anhelante  
arrastrado por las estrellas el Pioneer pasa rápido  
solitario en el exterior, a la deriva en el viento solar.*

*Un hombre, una mujer, huérfanos de calor terrenal,  
o espléndidos viajeros con velas de oro,  
o como gitanos vagando por viejos senderos estelares,  
una caravana en busca de anclaje celestial.*

*Si en la profundidad del frío espacio interestelar  
algunos ojos temerosos espían la vida de esta balsa:  
¿percibirán el corazón que hay dentro de nuestro barco  
cuyos latidos señalan los ritmos de paz?  
Un nuevo espíritu abre nuevas fronteras.  
Una Odisea es nuestro hogar; loor a los Pioneer!*

Por supuesto, existe la posibilidad de que el mensaje fijado al *Pioneer 10*—inventado por seres humanos, pero dirigido a criaturas de clase muy diferente— pueda ser, después de todo, un misterio para ellas. Sin embargo, creemos que no. También creemos que el mensaje —excepto el del hombre y la mujer— está escrito en un idioma universal. Los extraterrestres no entenderán el inglés, el ruso, el chino o esperanto, pero deben compartir con nosotros la astronomía, física y matemáticas. Creo firmemente que entenderán, sin gran esfuerzo, este mensaje escrito en el idioma galáctico: «*el científico*».

Pero podemos equivocarnos. La revista de humor británica *Punch* realizó algo parecido a una encuesta de total «*falta de comprensión*», encuesta, por demás, sumamente divertida mediante un artículo que tituló:

«*Según el Herald Tribune (París), solamente uno de cada diez científicos de la NASA fue capaz de descifrar el mensaje. Así pues, ¿qué oportunidad les queda a los profanos o extraños?*»

*Punch* presenta una muestra de la opinión de cuatro representantes extraterrestres. Por supuesto, se refieren a la interpretación del verdadero mensaje:

«*Todavía debo poner de relieve que, en estos momentos, sólo hacemos cábalas y que ninguno de nosotros ha explicado el significado de los puntos que hay a lo largo de la parte inferior. Se nos ha sugerido que bien podría tratarse del mapa de algún ferrocarril metropolitano, pero tenemos la impresión de que esto deja de tener en cuenta la probable posición marcada por la flecha de algún yate zozobrado o posiblemente la de una cizaña de huerto. Sin embargo, la inclusión de una rubia desnuda hace que sea más que probable que esto sea alguna especie de broma o chiste enviado por algún atrasado planeta, quizás el que usan los terrestres.*»

*«Hablando como araña extremadamente delgada que cuenta con catorce patas –dijo una voz desde la parte posterior de Andrómeda 8– he estudiado esta tarjeta de los terrestres y la considero como un desaire. La caricatura de nuestra especie es a la vez cruda y absurda, ya que entre otras cosas sugiere que tenemos una pata derecha más larga que todo el resto. Además, el ser geométrico que está en el fondo nos vuelve claramente la espalda y uno de los otros dos está señalando con cinco antenas en gesto francamente sórdido. Parece existir poca razón para dudar, al menos entre nosotras las arañas inteligentes, que esta cosa no es más que una declaración de guerra. La ilustración de la criatura que está en la derecha lanzando flechas desde el hombro es realmente siniestra, algo que presagia, sin duda alguna, una larga y amarga lucha con los terrestres.»*

*«Sea lo que fuere –declaró el Ser– no ha recorrido todo este camino por nada. Sospecho que trata de decirnos algo. Supongamos, no hagamos más que suponer y esto en beneficio de una posible polémica, que esta cosa que tenemos ante nosotros no es una verdadera criatura en sí misma, sino más bien un artefacto de alguna clase. Tal teoría podría explicar, como principio, que hasta ahora no ha dicho una sola palabra. No, esta cosa fue enviada –probablemente desde algún primitivo mundo tridimensional– y yo diría que quiere ser un dibujo o código con algún mensaje para nosotros, los Seres. Por supuesto, lo que sea el mensaje depende de la manera en que se suponga pueda ser. Nada me sorprendería que fuese chabacano o grosero.»*

*«¡Magnífico! –la cosa en Alfa Centauro estaba abrumada por el asombro–. ¡Verdaderamente magnífico! Que sepamos hasta ahora, ésta es la primera vez que llega a nuestro planeta un trabajo original del antiguo terrestre Leonardo da Vinci. Nuestros telescopios muestran que el estilo es el suyo sin duda alguna. No obstante, el descubrimiento altera algunos de los datos que poseemos sobre la Tierra. Hasta ahora no se sabía que el clima era lo suficientemente cálido como para que los policías prestaran servicio en su mundo sin ninguna clase de ropas, ni que los principales miembros de los terrestres funcionaran mediante cuerdas. Esperamos que pronto nos envíen más tarjetas de saludo.»*

Quizás el comentario editorial más comprensible es el del *Times* de New York:

*«...esa placa bañada en oro constituye para nosotros algo más que un reto. A pesar de la misteriosa maestría o poder de las leyes divinas que permiten al hombre lanzar sus artefactos hacia las estrellas, todavía nos sentimos totalmente incapaces para ordenar nuestros sistemas aquí, en la Tierra. Aun cuando tratamos de hallar una manera de asegurar que el Homo sapiens no liquide su planeta entre llamas nucleares, se alza un coro de voces que nos dice que el hombre puede suprimir su Tierra bien mediante el exceso de población, exigiendo demasiado a sus recursos naturales, o mediante ambas cosas.*

*«Así, el artefacto lanzado al espacio es al mismo tiempo un guante de desafío lanzado a la Tierra: que la placa lleve en su tiempo el mensaje de que el hombre está todavía aquí, no que haya estado aquí.»*

El mensaje que llevaba a bordo el *Pioneer 10* ha sido una auténtica diversión. Pero también ha sido algo más que eso. Es una especie de prueba cósmica Rorschach, en la cual muchas personas ven reflejadas sus esperanzas y temores, sus

aspiraciones y derrotas, los más oscuros y los más luminosos aspectos del espíritu humano.

El envío de tal mensaje nos obliga a considerar cómo deseamos estar representados en una raciocinación cósmica. ¿Cuál es la imagen de la Humanidad que podríamos desear presentar a una civilización superior ubicada en cualquier punto de la Galaxia? La transmisión del mensaje del *Pioneer 10* nos estimula a considerarnos a nosotros mismos desde una perspectiva cósmica.

En mi opinión, creo que el mayor significado de la placa del *Pioneer 10* no es precisamente el hecho de enviar un mensaje al exterior, sino más bien el de que se trata de un mensaje enviado a nosotros mismos.

## 5. Experimentos en utopías



*La búsqueda de utopías* de Jon Lomberg.

Al valorar la probabilidad de que existan avanzadas civilizaciones tecnológicas en cualquier punto de la Galaxia, nos encontramos con que el hecho o factor más importante es precisamente aquel sobre el cual menos sabemos: el tiempo de vida de tal civilización. Si las civilizaciones se destruyen a sí mismas rápidamente tras haber alcanzado la fase tecnológica, en cualquier momento dado (como ahora) pueden existir muy pocas con las cuales entrar en contacto. Si, por otra parte, una pequeña parte de esas civilizaciones saben vivir con armas de destrucción masiva y

evitan tanto las catástrofes naturales como las autogeneradas, entonces puede llegar a ser muy grande el número de civilizaciones con las que poder comunicarnos en cualquier momento.

Esta evaluación o, más bien, simple razonamiento, es precisamente el que hace que nos preocupe el tiempo de vida de tales civilizaciones. Y, por supuesto, todavía hay una razón aún más poderosa. Debido a causas, esta vez de carácter personal, esperamos que el tiempo de vida de nuestra civilización sea largo.

Probablemente no hay ninguna época en la historia de la Humanidad que haya sufrido tantas variaciones y cambios como en la presente. Hace doscientos años se enviaba la información de una ciudad a otra empleando un medio no más rápido que el simple caballo. Hoy día, tal información se puede transmitir por teléfono, telégrafo, radio, o televisión, a la velocidad de la luz. En doscientos años, la velocidad de comunicación ha aumentado mediante un factor de treinta millones. Creemos que no se producirá un correspondiente avance futuro, puesto que los mensajes no pueden enviarse con mayor rapidez que la velocidad de la luz.

Hace doscientos años se tardaba tanto en ir desde Liverpool a Londres como ahora se tarda en ir desde la Tierra a la Luna. Cambios muy parecidos se han dado en los recursos energéticos al alcance de nuestra civilización, en la cantidad de información que se almacena y procesa, en los métodos de producción de alimentos y su distribución, en la síntesis de nuevos materiales, en la concentración de población que se ha movido desde el campo a las ciudades, en el enorme incremento de la población, en las mejoras de la práctica médica y en el enorme trastorno social.

Nuestros instintos y emociones son los mismos de nuestros antepasados y primitivos cazadores de hace un millón de años. Pero nuestra sociedad es asombrosamente diferente a la de hace un millón de años. En épocas de cambios lentos, los conocimientos y habilidades aprendidas por una generación son utilizados, probados y adaptados, y se reciben gustosamente cuando se pasan a la generación siguiente. Pero en épocas como la actual, cuando la sociedad cambia extraordinariamente sólo en el curso de una vida humana, los conocimientos paternos ya no tienen validez alguna para los jóvenes. El denominado abismo generacional no es más que una consecuencia del índice de cambio tecnológico y social.

Incluso en el transcurso de una vida humana el cambio es tan grande que muchas personas quedan aisladas de su propia sociedad. Margaret Mead ha descrito a los ancianos de hoy día como involuntarios inmigrantes del pasado al presente.

Los viejos supuestos económicos, los antiguos métodos de decisión en cuanto respecta a los líderes políticos, los vetustos métodos de distribución de recursos, los de comunicar información desde el Gobierno al pueblo –y viceversa–, todos pueden una vez haber sido válidos, útiles, o al menos adaptables, pero actualmente quizá ya no posean ningún valor de supervivencia en absoluto. Todas las viejas actitudes opresivas y chauvinistas entre razas, entre sexos, y entre grupos económicos están cambiando justificadamente. Está rasgándose la tela social que cubre al mundo.

Al mismo tiempo, hay intereses creados que se oponen al cambio. Incluyen a individuos que están en el poder y que tienen mucho que ganar a corto plazo manteniendo los antiguos métodos y formas de vida, aun cuando sus hijos tengan

mucho que perder a largo plazo. Son individuos incapaces de cambiar de actitud en sus edades medianas, actitud que se les inculcó, naturalmente, cuando eran jóvenes.

La situación es verdaderamente difícil. El índice de cambio no puede continuar indefinidamente. Como así lo indica el ejemplo de las comunicaciones, es preciso alcanzar un límite. No podemos comunicarnos a mayor velocidad que la luz. No podemos tener una población que sea superior a los recursos de la Tierra. Sea cuales fueren las soluciones que se logren, a partir de ahora transcurrirán centenares de años sin que la Tierra experimente grandes cambios y tensiones sociales. Sin duda alcanzaremos alguna solución a nuestros problemas actuales. La pregunta es: ¿qué solución?

En el terreno científico, una situación tan complicada como ésta resulta difícil de tratar teóricamente. No entendemos todos los factores que influyen sobre nuestra sociedad y, por tanto, no podemos hacer seguras predicciones sobre qué cambios son deseables. Hay demasiadas y complejas acciones recíprocas. A la Ecología se la ha llamado ciencia subversiva porque, cada vez que se hace un serio esfuerzo para conservar una característica del medio ambiente, se tropieza con enorme cantidad de intereses creados tanto sociales como económicos. Lo mismo se puede decir de cada vez que intentamos realizar cambios de importancia en algo que va mal; el cambio abarca a toda la sociedad en su conjunto. Es difícil aislar pequeños fragmentos de la sociedad y cambiarlos sin ejercer profunda influencia en el resto de la sociedad.

Cuando la teoría se hace imposible en la ciencia, entonces es preciso recurrir a la experimentación. El experimento es la piedra de toque de la ciencia sobre la que se asientan las teorías. El experimento es, explicado en otros términos, una especie de último tribunal de apelación. ¡Y lo que sin duda se necesita son sociedades experimentales!

Existe un buen precedente biológico para esta idea. En la evolución de la vida hay innumerables casos en los que un organismo era claramente dominante, altamente especializado y perfectamente aclimatado a su medio ambiente. Pero el medio ambiente cambió y el organismo murió. Por esta razón, la Naturaleza emplea las mutaciones o variaciones bruscas. La mayor parte de estas mutaciones son deletéreas o mortales. Las especies que han variado son menos adaptables que los tipos normales. Pero una entre mil o de cada diez mil, posee ligeras ventajas sobre sus padres. Las mutaciones se multiplican y el organismo así variado se encuentra ya mejor adaptado que antes.

Creo que lo que estamos necesitando son los cambios o mutaciones sociales. Quizá debido a que la tradición de la ciencia-ficción asegura que las mutaciones son feas y odiosas, sería mejor emplear otro término.

Pero la mutación social –una variación en el sistema social que se puede multiplicar y que si funciona bien puede ser el camino hacia otro futuro– parece ser la mejor frase. Sería conveniente examinar por qué algunos de nosotros consideramos discutible esta frase.



Deberíamos estimular la experimentación social, económica y política, a gran escala, en todos los países. Sin embargo, al parecer, está ocurriendo lo contrario. En países como los Estados Unidos y la Unión Soviética, la política oficial consiste precisamente en desalentar la experimentación porque, desde luego, es impopular para la mayoría. La consecuencia práctica es una desaprobación fuertemente popular de los cambios que puedan ser extraordinarios. Los jóvenes idealistas urbanos inmersos en una cultura de la droga, con formas de vestir consideradas como grotescas según normas convencionales, y sin ningún conocimiento sobre agricultura, no es probable que obtengan el éxito en establecer utópicas comunidades agrícolas en el Sudoeste americano, incluso sin hostigamientos o persecuciones locales. Sin embargo, estas comunidades experimentales, en todo el mundo, han estado y están sujetas a la hostilidad y violencia de sus vecinos más convencionales. En algunos casos, los vigilantes se encolerizan porque, en el fondo, rechazan todo cuanto les ha inculcado la generación precedente con respecto a los convencionalismos.

Por tanto, no debe sorprendernos que fracasen las comunidades experimentales. Tropezan siempre con enorme oposición. Sólo se da un pequeño número de mutaciones. Pero la ventaja que tienen las mutaciones sociales sobre las mutaciones biológicas es que los individuos aprenden; los participantes en fracasados experimentos comunales pueden valorar las razones del fracaso y en posteriores experimentos tratar de evitar las causas del fracaso inicial.

No sólo debieran contar con la aprobación popular tales experimentos, sino también con una ayuda gubernamental que los apoyara. Les voluntarios para dichos experimentos utópicos –al enfrentarse con situaciones muy extrañas y hasta peligrosas en beneficio de la sociedad– creo que han de considerarse como hombres y mujeres de gran valor, de un valor realmente ejemplar. Son como el rompehielos que se abre paso hacia el futuro. Un día surgirá una comunidad experimental que funcione mucho más eficazmente que la sociedad políglota, correosa, y llena de parches en que estamos viviendo. Entonces tendremos ante nosotros una alternativa viable.

No creo que haya nadie hoy día lo suficientemente sabio como para predecir cuál será el futuro de tal sociedad. Puede que haya muchas y diferentes alternativas para cada una de ellas, por supuesto, con más éxito que la penosa y triste variedad que actualmente vivimos.

Un problema íntimamente relacionado con éste es que las sociedades no occidentales, subdesarrolladas, carentes de toda tecnología, viendo el poder y la gran riqueza material de Occidente, están haciendo enormes esfuerzos por imitarnos, abandonando así muchas antiguas tradiciones, y formas de vida realmente importantes. Hoy día sabemos muy bien que algunas de esas alternativas que se abandonan contienen elementos para las otras alternativas que buscamos. Debe haber alguna manera de conservar los elementos adaptables de nuestras sociedades –dolorosamente logradas a través de milenios de evolución sociológica–, mientras que, al mismo tiempo, es preciso aceptar la tecnología moderna. El problema principal y más inmediato es extender los logros tecnológicos a la vez que se mantiene la diversidad cultural.

Algunas veces se estima que la propia tecnología constituye un problema en sí. Yo sostengo que el error reside en el mal uso que hacen de la tecnología los líderes de las sociedades elegidos por métodos democráticos o, simplemente, a dedo, como hoy día se dice. Si tuviésemos que volver a primitivas tentativas agrícolas, como algunos sugieren, viéndonos obligados a abandonar la tecnología agrícola moderna, condenaríamos a muerte a centenares de millones de personas. El problema está en usar prudentemente la tecnología.

Por razones muy similares, la tecnología debe ser un factor principalísimo en sociedades planetarias más antiguas que la nuestra. Considero probable que esas sociedades que son infinitamente más sabias y benignas que la nuestra, sin embargo, gozan de una tecnología mucho más avanzada que la terrestre.

Nos encontramos en un momento de transición en la historia de la vida sobre la Tierra. No hay instantes más peligrosos, pero también es verdad que ni hubo ni hay momentos tan prometedores para el futuro de la vida en nuestro planeta.

## 6. Chauvinismo

En el fondo, los chistes son una forma más de luchar contra la ansiedad. Hay un tipo de chistes que se relaciona íntimamente con la vida extraterrestre. En uno de ellos, un visitante extraterrestre que llega a la Tierra se acerca a una bomba de gasolina o una máquina de vender chicle –el efecto depende de quién los cuente– y pregunta:

*«¿Qué es lo que está haciendo en un lugar como éste una chica tan bonita como tú?»*

En cualquier otra parte, los seres, sin duda alguna, serán muy diferentes a nosotros. Pero el chiste supone que los organismos extraterrestres serán, si no como los seres humanos, sí como bombas de gasolina o máquinas vendedoras de chicle. Lo más probable es que los seres extraterrestres no se parezcan en absoluto a cualquier organismo o máquinas que para nosotros resulten familiares. Los extraterrestres serán el producto de miles de millones de años de evolución biológica independiente, evolución lenta, paso a paso, y en cada uno de estos pasos se habrán dado una serie de pequeños accidentes de mutación, en planetas con medio ambientes muy distintos del que caracteriza a la Tierra.

Pero estos chistes subrayan un problema general y una virtud también general al pensar o reflexionar sobre la vida en cualquier otro lugar. El problema es que tan sólo tenemos para estudiar una sola clase de vida, la biología correlacionada del planeta Tierra, todos los organismos de los que se ha descendido a partir de un solo caso del origen de la vida. Para el biólogo tanto como para el profano, resulta difícil determinar qué propiedades de la vida en nuestro planeta son accidentes del proceso evolutivo y qué propiedades son características de la vida en todas partes. La suposición de que la vida en cualquier otro lugar ha de ser, de alguna forma principal, la misma que aquí es una fantasía, noción o presunción, que llamaré puro chauvinismo.

A la vez que tal chauvinismo ha sido y es cosa común a través de toda la historia humana, de vez en cuando han surgido puntos de vista mucho más claros, como, por ejemplo, el del gran astrónomo francés Pierre Simon, marqués de Laplace. En su obra clásica *Le mecanique celeste* escribió:

*«La influencia [del Sol] provoca el nacimiento de animales y plantas que cubren la Tierra, y la analogía nos induce a creer que produce efectos similares en los planetas; pues no es natural proponer o afirmar que este factor, cuya fecundidad vemos desarrollarse de varias formas, deba ser estéril sobre un planeta tan grande como Júpiter, que, al igual que la Tierra, tiene sus días, sus noches, y sus años, y en el cual la observación descubre cambios que indican la presencia de fuerzas muy activas. El hombre, formado para vivir a la temperatura que disfruta sobre la Tierra, no podría, según todo posible indicio, vivir en otros planetas, pero ¿es que no habrá cierta diversidad de organización adecuada a las diferentes temperaturas de los planetas de este Universo? Si la diferencia de elementos y climas causa tal variedad en la producción de la Tierra, ¿cuan infinitamente diversificada debe ser la producción de los planetas y sus satélites?»*

Laplace escribía estas palabras a finales del siglo XVIII.

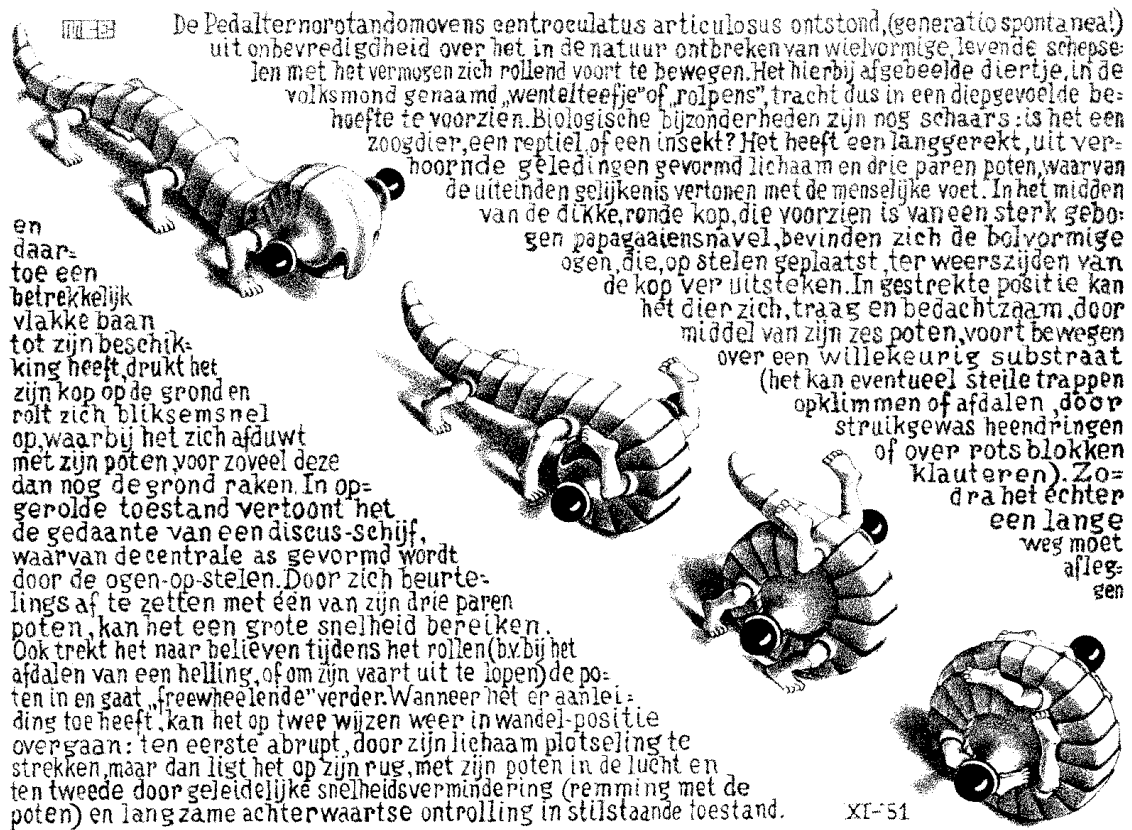


«Evidentemente, los habitantes de la Tierra son muy parecidos a nosotros los jupiterianos.. Excepto en el hecho de que no usan ropa.»

Un comentario sobre el chauvinismo. Cortesía de Paul Conrad, *Times* de Los Angeles.

La virtud, o, más bien, la cualidad, de pensar en la vida de cualquier otra persona nos obliga a forzar nuestra imaginación. ¿Podemos pensar en soluciones alternativas a problemas biológicos ya resueltos de una forma particular en la Tierra? Por ejemplo, la rueda es una invención relativamente reciente en el planeta Tierra. Parece haber sido inventada en el antiguo Oriente Próximo hace menos de diez mil

años. De hecho, las avanzadas civilizaciones de América Central, los aztecas y los mayas, nunca emplearon la rueda a no ser en los juguetes de los niños. La Biología –el proceso evolutivo– nunca ha inventado la rueda, a pesar de que sus ventajas selectivas son manifiestas. ¿Por qué no ha de haber arañas rodadas o cabras o elefantes deslizándose sobre ruedas por las autopistas? La respuesta más evidente es que hasta hace muy poco tiempo no existían las autopistas. Las ruedas se emplearon y se emplean cuando se dispone de superficies adecuadas a ellas. Como el planeta Tierra es un lugar heterogéneo, «abollado», con pocas zonas llanas, no había ventaja alguna en desarrollar y perfeccionar la rueda. Podemos imaginar otro planeta con enormes superficies cubiertas de lava, superficies llanas, suaves, en las que los organismos rodados sean abundantes. El fallecido artista holandés M. C. Escher diseñó un organismo parecido a una salamandra que encajaría muy bien en semejante medio ambiente.



**Animalillos-cachivache, litografía de Maurits Cornelis Escher de 1951.**

La evolución de la vida en la Tierra es un producto de acontecimientos azarosos, mutaciones casuales y de etapas evolutivas en especies aisladas; las pequeñas y primeras diferencias en la evolución de la vida más tarde ejercen enorme influencia en la misma evolución. Si comenzásemos a formar la Tierra nuevamente y dejáramos que operasen sólo los factores al azar, creo que no nos pareceríamos en absoluto a los seres humanos. Si esto es así, es mucho menos probable que los organismos que han evolucionado independientemente en un medio ambiente por completo distinto de otro planeta de una lejanísima estrella hayan de parecerse a los seres humanos.

Así pues, las obras de ciencia-ficción que tratan del amor sexual entre un ser humano y un habitante de otro planeta ignoran, en el sentido más fundamental, las realidades biológicas. John Carter podía amar a Dejah Thoris, pero, a pesar de lo que creía Edgar Rice Burroughs, su amor no podía consumarse. Y aun cuando pudiera, no sería posible la descendencia. De la misma manera, la categoría de una historia de contacto sexual entre humanos y saucerianos, muy de moda en algunos entusiásticos círculos OVNI, y descrito recientemente en una revista semanal con el modesto título:

*«¡Hicimos el amor con una rubia de un platillo volante!»*

debe relegarse al reino de la improbable fantasía. Tales amores y «cruces» son tan razonables como el cruce entre un hombre y una petunia.

Una frase muy popular –aparece a menudo en los libros sobre los planetas– es:

*«la vida, tal y como la conocemos»*

Leemos que la «*vida tal y como la conocemos*» es imposible en éste o aquel planeta. Pero, ¿qué es la vida tal y como la conocemos? Depende enteramente de quién sea el «*nosotros*». Una persona poco versada en Biología, que no pueda apreciar las numerosas adaptaciones y variedades de los organismos terrestres, tendrá una idea muy pobre acerca de la extensión y alcance de los posibles «*habitats*» biológicos. Incluso hay discusiones entre famosos científicos que dan la impresión de que un medio ambiente que es incómodo para mi abuela es imposible para la vida.

En cierta época se pensó que se había detectado en la atmósfera de Marte óxido de nitrógeno. Se publicó un documento o comunicación científica sobre este supuesto hallazgo. Los autores de la comunicación alegaban que, por tanto, la vida era imposible en Marte porque los óxidos de nitrógeno son gases venenosos. Por lo menos, existen dos objeciones a este argumento. En primer lugar, los óxidos de nitrógeno son gases tóxicos sólo para algunos organismos de la Tierra. En segundo lugar, ¿qué cantidad de óxidos de nitrógeno se supone ha sido descubierta en Marte? Cuando calculé la cantidad, resultó que era inferior a la que como término medio flota sobre Los Angeles. Los óxidos de nitrógeno son importantes componentes del «puré de guisantes». La vida en Los Angeles puede ser difícil, pero aún no es imposible. La misma conclusión se puede aplicar a Marte. El problema final de estas observaciones particulares es que muy probablemente sean equivocadas. Por ejemplo, los últimos estudios y observaciones hechos por Tobias Owen y por mí con el Observatorio Astronómico Orbitante han demostrado que no existen óxidos de nitrógeno en Marte.

También es muy corriente el chauvinismo del oxígeno. Si un planeta carece de oxígeno, se dice que es inhabitable. Este punto de vista ignora el hecho de que la vida surgió en la Tierra bajo una total falta de oxígeno. De hecho, el chauvinismo del oxígeno, si se acepta, demuestra lógicamente que la vida en cualquier otro lugar es imposible. En principio, el oxígeno es un gas tóxico. Químicamente se combina con y destruye las moléculas orgánicas que componen la vida terrestre. Hay muchos organismos en la Tierra que no necesitan oxígeno y otros muchos que se intoxican con él.

Todos los primitivos organismos de la Tierra no usaron oxígeno molecular O<sub>2</sub>. En un brillante conjunto de adaptaciones evolutivas, los organismos como insectos, ranas y peces, además de las personas, aprendieron no sólo a sobrevivir en la presencia de este gas tóxico, sino a usarlo para aumentar la eficacia con la cual metabolizamos los alimentos. Pero esto no debe ocultarnos el carácter fundamentalmente tóxico de este gas. La ausencia de oxígeno en un lugar como Júpiter es, por tanto, un argumento difícil de mantener en contra de la vida en tales planetas.

También hay chauvinistas en el terreno de la luz ultravioleta. A causa del oxígeno presente en la atmósfera terrestre, en las altas capas de la misma se produce una variedad de molécula de oxígeno llamada ozono (O<sub>3</sub>), aproximadamente a unos 50 km sobre la superficie. Esta capa de ozono absorbe los rayos ultravioleta de longitud de onda media del Sol, impidiéndoles que alcancen la superficie de nuestro planeta. Estos rayos son germicidas. Se emiten mediante lámparas ultravioleta normalmente usadas para esterilizar instrumentos quirúrgicos. Los fuertes rayos ultravioleta del Sol constituyen un peligro sumamente grave para una gran proporción de formas de vida en la Tierra. Pero esto se debe a que la mayor parte de tales formas de vida terrestre se desarrollaron en ausencia de una elevada radiación ultravioleta.

Es fácil imaginar adaptaciones para proteger a los organismos contra la luz ultravioleta. De hecho, las quemaduras del Sol y la melanodermia son adaptaciones en este sentido. No han ido muy lejos en la mayor parte de los organismos terrestres porque la actual radiación ultravioleta no es muy elevada. En un lugar como Marte donde hay poco ozono, la luz ultravioleta de su superficie es extremadamente intensa. Pero la superficie marciana cuenta con un material que absorbe intensamente la luz ultravioleta –como lo hacen la mayor parte del suelo y las rocas– y podemos imaginar fácilmente organismos vagando de acá para allá con pequeños escudos opacos antiultravioleta en sus espaldas: tortugas marcianas. O, quizás, organismos marcianos cargados con parasoles ultravioleta. Muchas moléculas orgánicas también podrían usarse en las capas exteriores de organismos extraterrestres para protegerlos contra la luz ultravioleta.

Otro chauvinismo: la temperatura. Se dice que las temperaturas sumamente bajas que reinan en planetas como Júpiter o Saturno, en el exterior del Sistema Solar, hacen allí imposible toda clase de vida, pero estas bajas temperaturas no se aplican a todas las zonas del planeta. Se refieren únicamente a las capas de nubes más exteriores, las capas que son accesibles a los telescopios infrarrojos que pueden medir temperaturas. Sin duda alguna, si pudiésemos instalar este telescopio en la vecindad de Júpiter orientándolo hacia la Tierra, deduciríamos que en la Tierra las temperaturas son muy bajas. Estaríamos registrando la temperatura de las nubes superiores y no las de la mucho más cálida superficie terrestre. En la actualidad está firmemente establecido, tanto teóricamente como mediante la observación por radio de estos planetas, que, a medida que penetramos bajo las nubes visibles, las temperaturas van en aumento. Hay siempre una región en la atmósfera de Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, que goza de temperaturas realmente cómodas, de acuerdo con las normas terrestres en este sentido.

Pero, ¿por qué es necesario tener temperaturas como éstas en la Tierra, con objeto de que así prolifere la vida? Un ser humano se siente gravemente afectado si la temperatura de su cuerpo varía en 20° hacia arriba o hacia abajo. ¿Acaso ocurre

esto porque vivimos por accidente en un planeta del Sistema Solar, cuya superficie mantiene una temperatura ideal en cuanto se refiere a la biología? ¿O es que nuestra química se ha adaptado delicadamente a la temperatura del planeta en que hemos evolucionado? Creo que éste es el caso. Otras temperaturas, otras bioquímicas.

Nuestras moléculas biológicas se sitúan, por así decirlo, en complejas disposiciones tridimensionales. El funcionamiento de estas moléculas, particularmente las enzimas, se activa o desactiva alterando esta disposición tridimensional. El grado de afinidad química que producen estas disposiciones debe ser suficientemente débil como para interrumpirse convenientemente a temperaturas [normales] terrestres y, al mismo tiempo, lo bastante sólido para no deshacerse por completo si se le deja sólo durante cortos períodos de tiempo. Un enlace químico conocido como *enlace de hidrógeno* posee la adecuada energía intermedia entre estas alternativas inestables. El *enlace de hidrógeno* está íntimamente relacionado con la bioquímica tridimensional de los organismos terrestres.

En un planeta mucho más caluroso, como Venus, nuestras moléculas biológicas quedarían destrozadas. En un planeta mucho más frío, en el exterior del Sistema Solar, nuestras moléculas biológicas adoptarían un estado rígido y nuestras reacciones químicas no actuarían de ninguna forma útil. Sin embargo, es posible que unos enlaces mucho más fuertes en Venus y otros mucho más débiles en el exterior del Sistema Solar desempeñen el mismo papel que representen en la Tierra los *enlaces de hidrógeno*. Es muy probable que nos hayamos mostrado demasiado tajantes al rechazar la vida a temperaturas muy diferentes de las que existen en nuestro planeta. No se conocen muchas reacciones químicas que se desarrollen con índices útiles a temperaturas muy bajas como las que podrían existir en Plutón de 30 ó 40° sobre el cero absoluto \* . Pero también hay muy pocos laboratorios químicos en la Tierra donde se hayan realizado experimentos a 30 ó 40° sobre el cero absoluto. Con unas pocas excepciones, tales experimentos no se han realizado en ningún momento.

\* \_ Plutón fue descubierto en el año 1930 por Clyde Tombaugh. Su distancia media del Sol, es de 5.900 millones de kilómetros y el período orbital es casi de 248 años. La órbita de Plutón es tan excéntrica (0,248), que se acerca aún más al Sol que Neptuno. Por esta razón, cuando se encuentra en la región del perihelio (cosa que ocurrió en 1989) deja de ser el planeta más externo. El autor de *La conexión cósmica* habla de la temperatura que podría existir en Plutón de -30 ó -40°, pero, al parecer, existen muchas dudas sobre tal temperatura, hasta el punto de que la mayor parte de los textos la mencionan con una "?". Nota del Traductor.

Así pues, nos hallamos a merced de la selección por observación. Examinamos solamente una pequeña fracción de la posible gama de casos debido a una inconsciente preferencia o predisposición, y entonces concluimos que todos los casos concebibles deben ajustarse a los que no han forzado nuestras preconcepciones.

Otro chauvinismo muy común –que dicho sea de paso comparto en cierta medida– es el del carbono. Un conocido chauvinista en este terreno mantiene que los sistemas biológicos de cualquier otro lugar del Universo estarán formados por compuestos de carbono, como la vida de nuestro planeta. Hay alternativas posibles: átomos como el silicio o el germanio pueden intervenir en algunas de las mismas



clases de reacciones químicas que el carbono. También es cierto que se ha prestado más atención a la química orgánica del carbono que a la química orgánica del silicio o del germanio, en parte, principalmente, porque la mayoría de los bioquímicos que conocemos se dedican más al carbono que a la variedad del silicio o germanio. Sin embargo, y por lo que sabemos sobre las alternativas químicas en este sentido, parece evidente que –excepto en medios ambientes de temperaturas muy bajas– existe una variedad mucho más amplia de compuestos complejos que se pueden formar del carbono que de las otras alternativas \* .

\* \_ Aquí el autor razona bien. Me permito añadir que, por lo que hasta ahora sabemos, el carbono es el elemento más adecuado, por sus propiedades y características, para formar, como dice el señor Sagan, moléculas complejas, y es muy probable que, si existen formas de vida en otros planetas, sean muy parecidas a las terrestres, si no en su forma, al menos en su constitución. No obstante, entre los restantes elementos también el silicio tiene posibilidades de formar estructuras bastante complejas, por lo cual no se puede excluir la posibilidad de que, en algún planeta conocido, existan formas de vida basadas en el silicio. Otra posibilidad (simple hipótesis aventurada y de ningún modo previsión científica) sería que una vida orgánica basada en el carbono a baja temperatura pudiese subsistir en una atmósfera en la que el papel del agua lo desempeñara el amoníaco líquido. Si se tienen en cuenta las condiciones ambientales de Júpiter y Saturno, esta hipótesis adquiere cierto interés. N. del T..

Por añadidura, la abundancia cósmica de carbono excede a la del silicio, germanio u otras alternativas. En cualquiera otra parte del Universo, sobre todo en medios ambientes planetarios primitivos en los cuales se esté dando origen a la vida, hay simplemente más carbono que átomos alternativos para formar moléculas complejas. Por los experimentos de laboratorio en los que se simula la primitiva atmósfera de la Tierra o los actuales medios ambientes de Júpiter, así como también mediante los estudios radioastronómicos del medio interestelar, vemos existe una profusión de moléculas orgánicas simples y complejas producidas por una amplia variedad de fuentes de energía. Por ejemplo, en uno de nuestros experimentos el paso de una sola onda de choque a alta presión a través de una mezcla de metano (CH<sub>4</sub>), etano (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), amoníaco (NH<sub>3</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O) convirtió el 38 % del amoníaco en aminoácidos, cimientos de las proteínas. No se obtuvieron enormes cantidades de otras clases de moléculas orgánicas.

Así pues, los átomos y las moléculas simples de que estamos formados es probable que sean comunes a organismos de cualquier otro lugar del Universo. Pero la manera específica en que estas moléculas se junta y las formas específicas y fisiológicas de los organismos extraterrestres pueden ser sumamente diferentes de lo que es corriente en nuestro planeta, a causa de sus diferentes historias evolutivas.

Al considerar cuáles han de ser las estrellas a estudiar y examinar buscando posibles señales de radio dirigidas a nosotros, usualmente se presta mucha atención a estrellas como nuestro Sol. Se ha alegado, con razón, que la búsqueda e investigaciones deben iniciarse con un tipo de estrella en la que sepamos hay vida, al menos en uno de sus planetas, repito que principalmente estrellas como nuestro conocido Sol. En el Proyecto Ozma, primer intento de búsqueda de señales de radio, las dos estrellas examinadas, Tau Ceti y Épsilon Eridani, eran ambas estrellas con masa, radio, edad y composición muy parecidas a nuestro Sol, que los astrónomos llamaron G-O *enanas*. De hecho, eran las dos estrellas más cercanas y más parecidas al Sol.

Pero, ¿hemos de limitar nuestra atención a estrellas parecidas al Sol? Creo que no. Estrellas con masa ligeramente menor y de luminosidad también inferior que la de nuestro Sol tienen existencia más antigua. Estas estrellas llamadas *enanas* K y M pueden tener miles de millones de años más que el Sol. Si suponemos que cuanto más larga sea la vida de un planeta, más inteligentes serán los organismos que en él se han desarrollado, entonces debemos dirigir nuestra atención a las estrellas K y M y evitar el chauvinismo de la estrella G. Puede objetarse que los planetas de las estrellas K y M son mucho más fríos que la Tierra, y que la vida en ellos es muy poco probable. La premisa de esta objeción no parece ser muy válida. Tales planetas parecen estar más cerca de sus estrellas que los correspondientes planetas de nuestro Sistema Solar, y ya hemos hablado de la falsedad o falacia del chauvinismo de la temperatura. Por otra parte, también hay muchas más estrellas K y M que estrellas G.

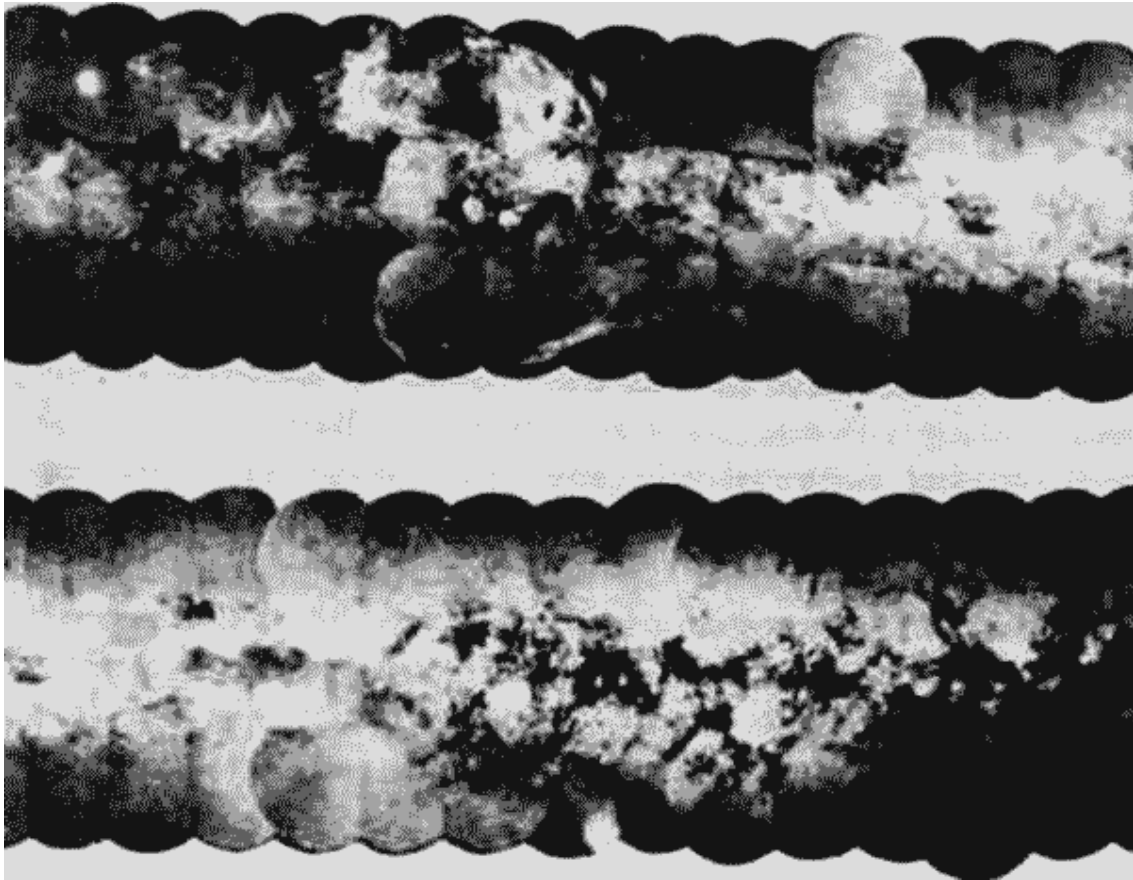
¿Existe un chauvinismo planetario? La mayor parte de la vida surge y reside en planetas, ¿o acaso pudiera haber organismos que habitan en las profundidades del espacio interestelar, superficies o interiores de estrellas, o incluso otros objetos cósmicos incluso más exóticos?

Resulta muy difícil responder a estas preguntas dado nuestro actual estado de ignorancia. La densidad de la materia en el espacio interestelar es tan baja que allí, simplemente, un organismo no puede adquirir suficiente material para realizar una copia de sí mismo en cualquier período de tiempo razonable. Sin embargo, esto no es cierto en cuanto se refiere a las densas nubes interestelares, pero tales nubes viven durante cortos períodos de tiempo, condensándose para formar estrellas y planetas. En el proceso se calientan tanto que probablemente se destruye cualquier compuesto orgánico que contengan.

Podríamos imaginar organismos desarrollándose en planetas con atmósferas que lentamente vayan alejándose en el espacio, permitiendo que los organismos se vayan adaptando gradualmente a unas condiciones cada vez más duras, y, por último, aclimatándose a lo que, en efecto, es un medio ambiente interestelar. Los organismos que abandonan tales planetas –quizá mediante presión de radiación electromagnética, o por viento solar del sol local– podrían poblar el espacio interestelar, pero aun así tendrían que enfrentarse con insolubles problemas de mala nutrición.

Hay una especie diferente de organismo interestelar mucho más probable: seres inteligentes que nacen en planetas como nosotros, pero que han trasladado su campo de actividad al volumen mucho más vasto del espacio interestelar. Los seres, en nuestro lejano futuro tecnológico, deberán poseer capacidades que hoy día ni siquiera podemos imaginar. No puede dudarse que tales sociedades deberán dominar la materia y energía de las estrellas y galaxias con objeto de ponerlas a su servicio. Así como nosotros somos organismos que únicamente nos sentimos «en casa» cuando pisamos tierra, aunque hayamos evolucionado del mar, el Universo puede poblarse con sociedades que nazcan en planetas, pero que únicamente se sientan cómodos en las profundidades del espacio interestelar.

## 7. La exploración del espacio como empresa humana - 1. El interés científico



Fotografía compuesta de cámaras *all-sky* de nuestra galaxia Vía Láctea. Cortesía del Dr. Bart Bok y del Lund Observatory.

Hay un lugar con cuatro soles en el cielo: rojo, blanco, azul, y amarillo; dos de ellos están tan cerca uno del otro que se tocan, y entre ellos se extienden las estrellas.

Conozco un mundo con un millón de lunas.

Conozco un sol que tiene el tamaño de la Tierra, un sol con diamantes.

Hay núcleos atómicos de 1.600 m de ancho que giran treinta veces por segundo.

Hay diminutos granos entre las estrellas, con el tamaño y composición atómica de las bacterias.

Hay bacterias que abandonan la Vía Láctea.

Hay inmensas nubes de gas que penetran en la Vía Láctea.

Hay plasmas turbulentos que se retuercen con poderosas explosiones estelares y con rayos X y gamma.

Hay, quizá, lugares fuera de nuestro Universo.

El Universo es vasto y pavoroso y por vez primera estamos formando parte de él.

Los planetas ya no son luces que vagan por el firmamento nocturno. Durante siglos, el hombre vivió en un Universo que parecía seguro y agradable, incluso limpio. La Tierra era el blanco de la creación y el hombre, el pináculo de la vida mortal. Pero estas nociones alentadoras y de arcaica belleza no soportaron la prueba del tiempo. Ahora sabemos que vivimos en un diminuto trozo de roca y metal, en un planeta más pequeño que algunas de las relativamente menores manchas de Júpiter, y algo que resulta casi insignificante cuando lo comparamos con una sencilla mancha del Sol.

Nuestra estrella, el Sol, es pequeña, fresca y poco insinuante, uno de los doscientos mil millones de soles que forman la Vía Láctea. Estamos situados tan lejos del centro de la Vía Láctea, que la luz tarda unos 30.000 años en llegar a nosotros desde allí viajando a una velocidad de unos 300.000 km por segundo. Estamos en lo que podríamos llamar casi el borde de la galaxia donde no existe acción alguna. La Vía Láctea es totalmente insignificante, ya que no es más que una galaxia más entre miles de millones de otras galaxias esparcidas por la inmensidad aterradora del espacio.

«*El Mundo*» ya no se puede traducir por «*El Universo*». Vivimos en un mundo inmerso entre la inmensidad de otros.

Las ideas de Charles Darwin sobre la selección natural han demostrado que no hay senderos evolutivos que conduzcan infaliblemente desde las formas simples al hombre; más bien, la evolución procede de un modo convulsivo, sin un plan determinado, y la mayor parte de las formas de vida conducen a callejones sin salida en la evolución. Somos el producto de una larga serie de accidentes biológicos. En la perspectiva cósmica no hay razón alguna para pensar que seamos los primeros, los últimos, o los mejores.

Estas concepciones de Copérnico y de Darwin son evidentemente muy profundas; para algunos, en cierta medida, inquietantes. Pero llevan consigo ideas que podríamos calificar de compensatorias. Nos damos perfecta cuenta de nuestra conexión con otras formas de vida tanto simples como complejas. Sabemos que los átomos que nos forman fueron sintetizados en los interiores de generaciones anteriores de estrellas moribundas. No ignoramos tampoco nuestra íntima relación con el resto del Universo, tanto en la forma como en la materia. El Cosmos que nos han revelado los nuevos avances en astronomía y biología es mucho más grandioso y más pavoroso también que el diminuto Mundo de nuestros antepasados. Y estamos formando parte de él, del Cosmos tal y como es y no del Cosmos de nuestros deseos.

Ahora mismo, la Humanidad se encuentra ante varias encrucijadas de carácter histórico. Nos hallamos en el umbral de un reconocimiento preliminar del Cosmos. Por primera vez en la Historia, el hombre es capaz de enviar sus instrumentos y a sí

mismo, personalmente, fuera de su planeta-hogar para explorar el Universo que le rodea.

Pero la exploración del espacio se ha justificado, principalmente en términos de grandes consideraciones de prestigio nacional, tanto en los Estados Unidos como en la Unión Soviética; en términos de mejora de capacidades tecnológicas, en una época en la que muchas personas consideran el desarrollo de la tecnología como de desastrosas consecuencias; en términos de una falsa necesidad militar, en una época en la que la gente de todo el mundo lo que más desea es una total desmilitarización de la sociedad.

En estas circunstancias no resulta sorprendente que se hagan preguntas duras acerca de los gastos espaciales, cuando existen necesidades urgentes y visibles en cuanto se refiere a fondos para corregir injusticias y mejorar la sociedad y la calidad de la vida en la Tierra. Evidentemente, estas preguntas son idóneas. Si los científicos no pueden dar al hombre de la calle una explicación satisfactoria sobre los gastos en la exploración del espacio, no es lógico ni moral que se destinen fondos públicos a tales aventuras.

El interés de un científico por la exploración espacial probablemente obedezca a deseos muy personales, algo que le desorienta, algo que le intriga, algo que posee implicaciones que le excitan. Pero no podemos pedir al público que gaste grandes sumas sólo para satisfacer la curiosidad del científico. Sin embargo, cuando profundizamos más en el interés profesional de un científico, a menudo hallamos un foco de preocupación que en gran parte llega a atraerse el interés público.

Un área fundamental de interés común es el problema de la perspectiva. La exploración del espacio nos permite ver a nuestro planeta y a nosotros mismos desde una nueva luz. Somos como lingüistas en una remota isla donde sólo se habla un único idioma. Podemos construir teorías generales sobre idiomas, pero no disponemos más que de un solo ejemplo para examinarlo. Es improbable que nuestra comprensión del idioma posea la generalidad que requiere una madura ciencia de lingüística humana.

Hay muchas ramas de la ciencia donde nuestro conocimiento es igualmente provincial y pueblerino, restringido a un simple y solo ejemplo entre una vasta multitud de posibles casos. Únicamente examinando el índice de casos asequibles en todas partes, se puede idear o proyectar una amplia ciencia general.

La ciencia que sin duda gana más con la exploración planetaria es la Biología. En un sentido muy fundamental, los biólogos tan sólo han estado estudiando una forma de vida en la Tierra. A pesar de la manifiesta diversidad de formas de vida terrestre, son idénticas en el más profundo de los sentidos. Tanto los tiburones y las begonias como las bacterias y las ballenas usan ácidos nucleicos para almacenar y transmitir información hereditaria. Todos utilizan proteínas para catálisis y control. Todos los organismos de la Tierra, que sepamos, emplean el mismo código genético. La estructura transversal de la célula del espermatozoide humano es casi idéntica a la del cilio de paramecio. La clorofila, hemoglobina y las sustancias responsables de la coloración de muchos animales son esencialmente la misma molécula.

Es difícil escapar a la conclusión –que en cierto sentido está implícita en la selección natural de Darwin– de que la vida en la Tierra se ha desarrollado partiendo de un solo ejemplo de origen de la vida. Si esto es cierto, tiene bastante sentido el que el biólogo no pueda distinguir lo necesario de lo superfluo o eventual, es decir diferenciar aquellos aspectos de la vida que cualquier organismo en cualquier lugar del Universo debe poseer simplemente para estar vivo, de aquellos aspectos de la vida que son resultado de la tortuosa evolución debida a pequeñas adaptaciones oportunistas.

La producción de moléculas orgánicas simples (basadas en el carbono) en condiciones planetarias primitivas y simuladas es hoy día tema de activa investigación de laboratorio. Como ya hemos visto anteriormente, las moléculas de que estamos hechos se pueden producir con cierta facilidad, en ausencia de vida y en condiciones planetarias primitivas en general. Pero no es posible llevar a cabo experimentos de laboratorio ni siquiera sobre las primeras etapas de la evolución biológica: las escalas de tiempo son demasiado largas. Sólo examinando sistemas de vida de otros lugares pueden determinar los biólogos cuáles son las demás posibilidades que existen.

Por esta razón, el descubrimiento de incluso un organismo extremadamente simple en Marte hubiese tenido profundo significado biológico. Por otra parte, si Marte está muerto, no cabe la menor duda de que se ha llevado a cabo un experimento natural en nuestro beneficio: dos planetas, en muchos aspectos parecidos, pero en uno se ha desarrollado la vida y en el otro no. Comparando el planeta control con el experimental, puede descubrirse mucho sobre el origen de la vida. De la misma manera, la búsqueda de productos químicos orgánicos y prebiológicos en la Luna, Marte, o Júpiter tiene una gran importancia para comprender los pasos que conducen al origen de la vida.

Como otro ejemplo de la perspectiva proporcionada por los estudios planetarios, consideremos la meteorología. Los problemas del flujo turbulento y la dinámica fluida figuran entre los más difíciles de la Física. Se han logrado algunos datos e ideas sobre el tiempo en la Tierra estudiando la posición de las corrientes de aire, examinando las fotografías de los satélites meteorológicos y la circulación de la atmósfera terrestre. A pesar de todo, la teoría meteorológica para la Tierra es hoy capaz de predicciones climáticas de largo alcance, pero sólo sobre áreas geográficas muy extensas, en condiciones en que puedan considerarse válidas las suposiciones simplificadoras, y circunscribiéndose a un corto plazo en el futuro. Los estudios de laboratorio sobre la circulación atmosférica poseen alcance limitado; clásicamente se llevan a cabo en pilas de fregar platos transformadas.

Sería agradable realizar un experimento «Joshua», impedir durante un rato que la Tierra gire. El cambio en la circulación proporcionaría conocimientos sobre el papel de la rotación de la Tierra en determinar la circulación (principalmente a través de las fuerzas de Coriolis). Pero tal experimento es tecnológicamente muy difícil. Asimismo produce efectos secundarios poco deseables. Por otra parte, el planeta Venus, con aproximadamente la misma masa y radio que la Tierra, tiene un movimiento de rotación doscientas cuarenta veces menor. La atmósfera de Venus es mucho más densa que la de la Tierra. La Naturaleza, pues, ha dispuesto un experimento natural para los meteorólogos.

Júpiter gira aproximadamente cada diez horas sobre su eje; un enorme planeta que lo hace mucho más rápidamente que la Tierra. Los efectos de la rotación deben de ser mucho más importantes que sobre la Tierra, e indudablemente Júpiter da la impresión de poseer una atmósfera turbulenta y terriblemente agitada; sus fajas y cinturones atmosféricos ciertamente son una prueba de su rápida rotación. Una buena comprensión de la circulación de las densas atmósferas de Venus y Júpiter mejorará, sin duda, nuestros conocimientos acerca de la circulación oceánica y atmosférica de la Tierra.

O fijémonos en el planeta Marte. He aquí un planeta con el mismo período de rotación y la misma inclinación de su eje de rotación a su plano orbital que la Tierra. Pero su atmósfera solamente alcanza al 1 % de la nuestra, carece de océanos y tampoco tiene agua líquida. Marte es un experimento de control sobre la influencia de los océanos y agua líquida en la circulación atmosférica.

Hasta hace muy poco tiempo, el geólogo sólo se había limitado a un tipo de estudio: el de la Tierra. Era incapaz de decidir qué propiedades de la Tierra son fundamentales a todas las superficies planetarias y cuáles son peculiares a las circunstancias únicas de la Tierra. Por ejemplo, las observaciones sismográficas de los terremotos han revelado la estructura interior de la Tierra y su división en corteza, manto, centro de metal fluido y núcleo interior sólido. Pero la razón de esta división sigue siendo muy oscura. ¿En alguna época geológica exudó la Tierra su corteza partiendo del manto? ¿Cayó de los cielos durante algún temprano acontecimiento catastrófico? ¿Acaso el núcleo de la Tierra se formó gradualmente durante una época geológica mediante el hundimiento o penetración del hierro a través del manto? ¿O se formó de forma discontinua, quizás, en una Tierra en fusión en la época en que se originó nuestro planeta? Tales problemas se pueden examinar efectuando observaciones sismométricas sobre la superficie de otros planetas, y podrían resultar poco costosos si se realizaran automáticamente con los instrumentos de que disponemos hoy día.

Actualmente se dispone de pruebas convincentes de que existe un movimiento de deriva continental. El movimiento de África y América alejándose un continente de otro es el ejemplo más conocido hasta la fecha. Algunas teorías mencionan el hecho de que la fuerza de impulso de la deriva continental y de la evolución del interior de nuestro planeta se hallan correlacionadas, por ejemplo, mediante corrientes de difusión de calor que circulan lentamente entre el núcleo y la corteza en el manto. Tales conexiones entre geología de superficie y el interior de los planetas están empezando a destacar en el estudio de otros astros. Ponemos a prueba nuestra comprensión de tales relaciones demostrando si pueden aplicarse a otro lugar cualquiera.

Las perspectivas que se han conseguido en esta clase de estudios proporcionan una amplia gama de consecuencias prácticas. Una generalización de la ciencia meteorológica puede conducir a grandes mejoras en el pronóstico del tiempo. Incluso podría conducir a la modificación del tiempo. El estudio de la atmósfera de Venus ya ha dado lugar a la teoría de que allí está teniendo lugar un efecto de «*invernadero*» descontrolado, un equilibrio inestable en el cual un aumento de la temperatura provoca un aumento del contenido de vapor de agua atmosférico, que a su vez provoca absorción infrarroja de la radiación térmica del planeta llevando a un

incremento aún mayor en la temperatura de la superficie, y así sucesivamente. Si la Tierra hubiese iniciado su recorrido ligeramente más cerca del Sol de lo que lo ha hecho, los cálculos teóricos preliminares indican que habríamos terminado por ser otro marchito y agostado Venus. Pero vivimos una época en la que la atmósfera de la Tierra está siendo fuertemente modificada por el hombre. Es de primordial importancia comprender lo que ha sucedido a Venus, con objeto de poder evitar una reproducción accidental en la Tierra del invernadero descontrolado de Venus.

Los estudios de las superficies e interiores de los planetas pueden dar lugar realmente a beneficios prácticos en el pronóstico de terremotos así como, a largo plazo, en las prospecciones geológicas de minerales valiosos en la Tierra.

La revolución que en el plano biológico supondría el descubrimiento de vida natural en otros lugares también proporcionaría unas enormes posibilidades de insospechados beneficios prácticos, particularmente en lo concerniente a la investigación del cáncer y del envejecimiento, temas que en la actualidad están más limitados por las ideas que por los medios económicos.

El estudio de la materia altamente condensada en las estrellas neutrones y la fabulosa producción de energía en los centros de galaxias ya han conducido a sugerencias sobre posibles modificaciones de las leyes de la física, leyes que se deducen en la Tierra para explicar los fenómenos observados en la misma.

La exploración del espacio proporcionará, inevitablemente, un rico y enorme conjunto de beneficios prácticos. Pero la historia de la ciencia sugiere que el más importante de todos ellos será siempre inesperado, beneficios que, en la actualidad, aún no somos suficientemente aptos para pronosticar o anticipar.



## 8. La exploración del espacio como empresa humana - 2. El interés público

El interés científico directo por la exploración del espacio y las consecuencias prácticas que se pueden imaginar como resultado de tales exploraciones no son de interés general y, por supuesto, tampoco principal, para el hombre de la calle o para el profano en tales materias. Hoy día –cuando las antiguas creencias están declinando– hay una especie de hambre filosófica, o, más bien, diría yo, que una necesidad de saber quiénes somos y cómo hemos llegado aquí. Hay una búsqueda constante, a menudo inconsciente, de una perspectiva cósmica para la Humanidad. Esto se puede observar en innumerables formas, pero mucho más claramente en los *campus* de las Universidades. Aquí se hace evidente el enorme interés hacia una amplia gama de tópicos pseudocientíficos o semicientíficos –astrología, estudio de OVNIS, investigación de los trabajos de Immanuel Velikovski, e incluso estudio de algunos superhéroes de ciencia-ficción–, todo lo cual representa un intento, desde mi punto de vista, absolutamente infructuoso, de proporcionar perspectiva cósmica a la Humanidad. El profesor George Wald, de Harvard, sin duda piensa en este anhelo de perspectiva cósmica, cuando escribe:

*«De cualquier modo que sea, tenemos que hallar nuestro camino de regreso a los valores humanos. Incluso diría que a la religión. Opino que no hay nada que sea sobrenatural. La Naturaleza es mi religión y con ella tengo bastante... lo que quiero decir es: Que necesitamos compartir unos puntos de vista mucho más amplios sobre el lugar del hombre en el Universo.»*

El libro más vendido en las comunidades de estudiantes, desde Cambridge, Massachusetts, hasta Berkeley, California, en los últimos años se tituló *Catálogo de toda la Tierra*, que se consideró como vía de acceso a los instrumentos para la creación de alternativas culturales. Lo que era sorprendente fue el número de trabajos publicados en el *Catálogo* que se relacionaban con perspectivas cósmicas científicas. Iban desde el *Atlas de Galaxias*, de Hubble, hasta banderas y posters de fotografías de la Tierra en su fase primitiva. El título de *Catálogo de toda la Tierra* se deriva del ansia de su fundador de ver una fotografía de nuestro planeta como conjunto. La edición de 1970 aumentó esta perspectiva mostrando una fotografía de toda la Vía Láctea.

Asimismo, hay una tendencia semejante tanto en el arte como en la música «rock»: *Cosmo's Factory*, por *Creedence Clearwater Revival*; *Starship*, por la *Jefferson Airplane*; *Mr. Spaceman* y *CTA 102*, por los *Byrds*; *Mr. Rocket Man*, de Elton John, y muchos otros.

Tal interés no queda limitado a los jóvenes. Existe en los Estados Unidos una tradición que apoya la afición pública a la astronomía. Las comunidades locales incluso han construido a su costa buenos observatorios cuyo personal también está pagado por los bolsillos de los ciudadanos, siempre sobre una base totalmente voluntaria. Varios millones de personas visitan planetariums cada año tanto en América como en Gran Bretaña.

El actual resurgimiento del interés por la ecología del planeta Tierra también está íntimamente relacionado con este anhelo de perspectiva cósmica. En un principio muchos de los dirigentes del movimiento ecológico en los Estados Unidos se sintieron estimulados a actuar a causa de las fotografías de la Tierra tomadas desde el espacio, exquisitamente sensible a las depredaciones del hombre, una pradera en medio del cielo.

Como los resultados de la exploración espacial y sus nuevas perspectivas sobre la Tierra y sus habitantes calan profundamente en nuestra sociedad, deben, creo yo, tener consecuencias en la literatura y poesía, en las artes visuales y en la música. El distinguido físico americano Richard Feynman escribe:

*«No se hace ningún daño al misterio por saber un poco sobre él. Pues muchísimo más maravillosa es la verdad que todo cuanto hayan podido imaginar los artistas del pasado. ¿Por qué los poetas actuales no hablan de ese misterio para nada? Los que son poetas, ¿podrían hablar de Júpiter si fuese un hombre, pero como es una inmensa esfera giratoria de metano y amoníaco deben guardar silencio?» \**

\* \_ Richard Feynman: *Introduction to Physics*, Vol. I, Addison Wesley.

Pero la simple exploración general todavía no provoca un decidido interés público por el espacio. Para muchos, las rocas que se han traído de la Luna constituyeron una enorme decepción. Se consideraron como simples rocas. El papel que hayan podido representar en la cronología de los días de creación del sistema Tierra-Luna aún no se ha explicado adecuadamente al público.

Donde el interés del público por el espacio parece mostrarse con mayor intensidad es en los terrenos de la cosmología y búsqueda de vida extraterrestre, tópicos que hacen sonar cuerdas importantes en una significativa fracción de la Humanidad. El hecho de que se dedique mucho más espacio en los periódicos a la muy fortuita hipótesis de la exobiología que a muchos de los más importantes resultados en otros campos, es, sin duda alguna, clara revelación del lugar adonde apunta el interés público. El descubrimiento de líneas de microondas interestelares de formaldehído y cianuro de hidrógeno ha sido descrito ampliamente en la Prensa como algo relacionado, a través de una larga serie de concatenaciones, con temas biológicos.

Aunque es verdad que el hombre de la calle, o la persona profana en tales materias, piensa en términos de diferentes variantes de seres humanos cuando se le pregunta que imagine la vida extraterrestre, también es verdad que el interés, incluso por los microbios marcianos, es mucho mayor que en otras áreas de la exploración espacial. La búsqueda de vida extraterrestre podría ser la clave del apoyo público a los experimentos espaciales, experimentos orientados tanto hacia el Sistema Solar como a mucho más allá de él.

Hay muchos posibles puntos de vista sobre los costos actuales y de un futuro próximo en cuanto se refiere a la astronomía y ciencia espacial. Como los costes anuales de la astronomía constituyen sólo un pequeño tanto por ciento de los presupuestos de todo el programa científico espacial, me limitaré a este último. Se acostumbra a comparar los gastos anuales de los Estados Unidos en el programa espacial con lo que emplea la nación en alcohol etílico, chicle o cosmética. Personalmente considero más útil comparar dichos costes con los del Departamento

de Defensa de los Estados Unidos. Recurriendo a un informe de la General Accounting Office del Gobierno (*Times* de New York, 19 de julio de 1970), sabemos que el coste calculado de antemano para que la misión «*Viking*» acabe felizmente en Marte, en 1976, asciende aproximadamente a la mitad del coste del llamado sistema de proyectiles antibalísticos *Safeguard* para el año fiscal de 1970. El coste de una exploración *Grand Tour* de todos los planetas del Sistema Solar exterior (cancelada por falta de fondos) es comparable al presupuesto de 1970 para el sistema *Minuteman III*; el coste de un enorme telescopio óptico en el espacio capaz de realizar estudios definitivos sobre los orígenes del Universo, se puede comparar al del *Minuteman II* para 1970; y un programa general sobre satélites que investiguen los recursos de la Tierra, programa que implicaría varios años de detallada inspección de la superficie y tiempo atmosférico de nuestro planeta, costaría aproximadamente lo mismo que el vehículo espacial P-3C para 1970. Un programa de una década de duración dedicado a la investigación sistemática de todo el Sistema Solar costaría tanto como los errores contables cometidos en un solo sistema de «*defensa*» y en un solo año. El programa espacial científico es cambio chico en comparación con los errores cometidos en el presupuesto del Departamento de Defensa.

Otro punto de vista que es preciso considerar es la exploración espacial como entretenimiento. Un *Viking* podría ser financiado totalmente mediante la venta a cada americano de un solo ejemplar de una revista que contuviera fotografías tomadas en la superficie de Marte por el *Viking*. Las fotografías de la Tierra, la Luna, los planetas y galaxias en espiral e irregulares, son formas características del arte de nuestra época. Fotografías tan impresionantes como las del *Lunar Orbiter* del interior del cráter Copérnico y las enviadas por el *Mariner 9* de los volcanes marcianos, tormentas de viento, lunas y casquetes polares de hielo, inspiran a la vez asombro y sentido artístico. Cualquier vehículo mecánico, no manejado por el hombre, y enviado a Marte, podría ser financiado mediante un sistema de suscripción televisiva. Por otra parte, ¿quién duda de que un disco grabado con los, al parecer, extraños ruidos que se oyen en Marte no se vendería a escala mundial?

No deseo discutir aquí de si han de enviarse o no hombres al espacio para que realicen exploraciones planetarias, pero es posible que haya muy buenas razones no científicas para mandar seres humanos al espacio. Quizás haya casos intermedios entre exploraciones llevadas a cabo por el hombre y otras en las que falte el hombre, cosa que muy bien podríamos ver en las próximas décadas. Por ejemplo, es posible que se llegue a enviar ingenios a otro planeta tripulados por robots, pero controlados por un ser humano en órbita. También es probable que aquellos planetas con medios ambientes hostiles donde exista un gran peligro de contaminación por microorganismos terrestres sean explorados por hombres metidos en grandes máquinas, máquinas especiales que amplíen la percepción sensorial y las capacidades musculares del operador humano.

Aparte de todos estos hipotéticos inventos, es evidente que el perfeccionamiento de dispositivos para llevar a cabo una exploración planetaria sin presencia humana precisará de la misma tecnología idónea a la fabricación de útiles robots en la Tierra. Un vehículo espacial que aterrice en Marte para el año 1980, probablemente será capaz de «*sentir*» su medio ambiente mucho mejor que lo puedan hacer los seres humanos; examinar cuidadosamente el paisaje, llevar a la práctica decisiones

programadas, basadas en información adquirida *in situ*, etcétera. No cabe duda de que semejante robot y sus primos más cercanos, que se producirían en masa, serían sumamente útiles aquí, en la Tierra. Estoy pensando en este momento en aquellas operaciones que en la actualidad son de imposible realización, como, por ejemplo, la exploración y operaciones sobre los fondos submarinos abisales, pero también pienso en robots industriales que desempeñen tareas poco interesantes o monótonas en las empresas, así como robots domésticos que liberen al ama de casa de una vida de penoso trabajo.

La experiencia de la exploración espacial no nos proporciona una única filosofía, en cierta medida, cada grupo tiende a ver sus propios puntos de vista filosóficos hechos realidad y no siempre mediante una auténtica lógica: Nikita Krushev manifestó con mucho énfasis que durante el vuelo espacial de Yuri Gagarin no se habían descubierto ángeles u otros seres sobrenaturales; y en casi perfecta contrapartida, los astronautas del Apolo 8 leyeron en la órbita lunar la cosmogonía babilónica guardada como reliquia en el capítulo del Génesis, como si intentaran asegurar a su público americano que la exploración de la Luna no se halla en contradicción con ninguna creencia religiosa. Pero es sorprendente cómo la exploración espacial conduce directamente a temas y problemas filosóficos y religiosos.

Creo que el control militar de los vuelos espaciales con presencia humana, que ya se practica en la Unión Soviética –y es tema de debate en los Estados Unidos– es un paso que deben apoyar todos los que se titulan defensores de la paz. Me temo mucho que las organizaciones militares de los Estados Unidos y de la Unión Soviética son organizaciones con formidables intereses creados en cuanto se refiere a la guerra. Están minuciosamente formadas e instruidas para la guerra; en tiempos de guerra se producen rápidos ascensos, aumentos en las pagas y oportunidades de demostrar un valor que en tiempos de paz no se dan. Es lógico que mientras existan gentes ansiosas de guerrear siempre será mucho mayor la probabilidad de que estalle intencionadamente o accidentalmente un conflicto. En virtud de su formación y temperamento, los militares, muy a menudo, no se sienten interesados por otros tipos de empleo u otra clase de inquietudes. Muy pocos son los demás medios de vida que posean los medios de poder y fuerza del jefe militar. Si «*estalla*» la paz, los cuerpos militares, con sus servicios que ya no son necesarios, se sienten profundamente desconcertados, como si alguien les hubiese derrotado.

El Primer Ministro Krushev una vez intentó dar trabajo a un gran número de oficiales y jefes del Ejército Rojo destinándoles a dirigir centrales eléctricas y otros establecimientos similares. Esto no les agradó en absoluto, y al cabo de un año la mayoría de ellos habían vuelto a sus cuarteles. De hecho, las organizaciones militares de los Estados Unidos y de la Unión Soviética deben sus empleos a sí mismos, a lo que podríamos llamar autogestión y, en consecuencia, es lógico que formen una alianza natural contra el resto de nosotros.

Al mismo tiempo, existen enormes industrias y fuerzas laborales dedicadas a la electrónica, química y fabricación de misiles que igualmente están ligadas a formidables intereses creados para mantener esta situación de preparación para la guerra. Desechando algunos tópicos que muchas personas califican de razonables en cuanto se refiere a este estado de cosas, yo pregunto, ¿es que no hay alguna forma de que todo este enorme conjunto de intereses pudiera orientarse hacia

actividades más pacíficas? La exploración espacial necesita exactamente esta combinación de talentos y capacidades. Precisa gran base técnica en tales terrenos, como el de la electrónica, tecnología de computadores, maquinaria de precisión y estructuras aeroespaciales. Requiere algo muy parecido a la organización militar para mantener a un gran número de empresas geográficamente dispersas dirigidas hacia un objetivo común.

La historia de la exploración de la superficie de la Tierra ha sido principalmente una historia militar, en parte porque es una aplicación idónea de las tradiciones militares de organización y valor personal. Son las restantes tradiciones militares las que para nosotros representan hoy día un peligro. Probablemente, la exploración del Sistema Solar sea una alternativa y empleo honorable para los intereses creados entre los militares y la industria. Puedo imaginar la transición hacia una disposición en la que una importante y significativa proporción de militares de carrera, tanto de los Estados Unidos como de la Unión Soviética, pueda dedicarse a la exploración espacial. Al menos, y en parte, debido a sus considerables capacidades hay un buen número de militares empleados por la Administración Espacial y Aeronáutica Nacional en actividades con poco o ningún significado militar. Y, por supuesto, la gran mayoría de los astronautas y cosmonautas han sido jefes militares. Todo esto puede ser bueno; cuanto más se entretengan allá arriba, menos se ocuparán aquí abajo.

A pesar de los muchos comunicados de la NASA a la Prensa, gran parte del programa espacial y casi toda su ciencia y programa de aplicaciones carecen de perspectivas a largo plazo. Por supuesto, comparten con la sociedad americana una comunidad de intereses humanos, filosóficos y exploratorios, incluso con estamentos sociales que están en completo desacuerdo. El coste de la exploración espacial parece muy modesto si se compara con sus potenciales recompensas.

### 9. La exploración del espacio como empresa humana - 3. El interés histórico



Huellas humanas en la Luna. La fiesta ha terminado, y se han marchado los invitados. Las huellas dejadas por la tripulación del *Apolo 15* durarán un millón de años. A lo lejos se ve el Monte Hadley.

A la larga, el mayor significado de la exploración espacial es que alterará la historia de manera irreversible. Como ya hemos mencionado en el capítulo primero, el grupo con el cual el hombre se identifica se ha ido ampliando gradualmente durante la historia de la Humanidad. Hoy día, el volumen de la población mundial tiene al menos una identificación personal principalísima con superestados nacionales. Aunque el progreso no haya sido suave, y existen ocasionales reversiones, se tiende claramente hacia una identificación de grupo con la Humanidad como conjunto. Los astronautas y cosmonautas han hecho declaraciones, profundamente sentidas, sobre la belleza y serenidad de la Tierra contemplada desde el espacio. Para muchos de ellos, un vuelo por el espacio fue una experiencia religiosa que cambió totalmente sus vidas. En las fotografías que desde el espacio se han hecho de la Tierra, no se distinguen fronteras nacionales. Como Arthur C. Clarke dijo en algún lugar, es difícil imaginar, incluso para el más ferviente de los nacionalistas, el hecho de no revisar de nuevo sus puntos de vista al ver cómo la Tierra se va alejando poco a poco hasta convertirse en un diminuto punto de luz perdido entre millones de estrellas.

La exploración espacial nos obliga a rectificar muchas cosas sobre el significado de nuestro diminuto planeta perdido en un Universo enorme y desconocido. La búsqueda de vida en otros lugares seguramente provocará que la gente reflexione acerca de la singularidad del hombre: el sendero serpeante, inseguro, improbable y evolutivo que nos ha traído a donde estamos; y la improbabilidad de encontrar – incluso en un Universo poblado por otras inteligencias– a alguien con forma muy parecida a la nuestra. En esta perspectiva, las similitudes entre los hombres se destacarán de forma abrumadora contra nuestras diferencias.

Hay un geocentrismo práctico, en nuestra vida diaria. Todavía hablamos del Sol que sale y se pone, en lugar de hablar de una Tierra que gira. Todavía pensamos en un Universo organizado para nuestro beneficio y poblado tan sólo por nosotros. La exploración del espacio, en este sentido, nos hará ser un poco más humildes.

Harold Urey se ha referido, de manera perceptible, al programa espacial como una especie de construcción contemporánea de pirámides. Visto en el contexto del Egipto faraónico, la analogía parece ser particularmente idónea, ya que las pirámides fueron un intento de tratar los problemas de la cosmología y la inmortalidad. Desde una perspectiva histórica a largo plazo, esto es lo que precisamente será el programa espacial. Las huellas de pies dejadas por los astronautas en la Luna sobrevivirán un millón de años, y los diversos instrumentos y embalajes que allí quedaron pueden durar tanto como el Sol.

Por otra parte, las pirámides son monumentales y hoy día creemos que han sido inútiles esfuerzos para asegurar la supervivencia tras la muerte de un hombre, el faraón. Quizás haya una mejor analogía en los zigurats, las torres dotadas de terrazas de los sumerios y babilonios, los lugares donde los dioses bajaban a la Tierra y la población como conjunto intervenía en la vida diaria. No cabe duda de que hay un poco de pirámide en los grandes cohetes que se envían al espacio, pero creo que su significado esencial, probablemente, sea el de unos zigurats contemporáneos.

Una sociedad inmersa en una relativamente modesta, pacífica e intelectualmente significativa exploración de cuanto le rodea, posee, sin duda alguna, posibilidades de

alcanzar la grandeza. Es difícil demostrar esto que podríamos llamar eslabones causales, e, históricamente, no existe correlación alguna entre unos y otros. Pero resulta sorprendente el hecho de que las naciones y épocas caracterizadas por un gran florecimiento de la exploración, también están marcadas por un enorme desarrollo cultural. En parte, esto se debe al contacto con las cosas nuevas, con nuevas formas de vida y también con modernos caminos de pensamiento desconocidos para una cultura cerrada, con sus vastas energías introspectivas.

Hay ejemplos que pueden tomarse del bíblico Oriente Medio, de las Atenas de Pericles y de otras épocas, pero me siento más atraído, en este sentido, por la época de las exploraciones europeas y sus descubrimientos. Las lenguas vernáculas de Francia, Inglaterra y la Península Ibérica hallaron definitiva expresión literaria al mismo tiempo que se emprendían los primeros viajes trasatlánticos de descubrimientos. Rabelais y Montaigne, en Francia; Shakespeare, Milton y los traductores de la Biblia del rey Jaime en Inglaterra; Cervantes y Lope de Vega, en España; Camoens, en Portugal, todos datan de la misma época. A juzgar por los escritos de Francis Bacon, resulta evidente que el descubrimiento de nuevas partes del mundo tuvieron una profunda influencia sobre el pensamiento de aquellos tiempos. Este período contempló la invención de instrumentos tan fundamentales como el telescopio, el microscopio, el termómetro, el barómetro y el reloj de péndulo.

También fue en la época de Galileo (1564-1642), quien, aunque no residía en una de las nuevas naciones exploradoras, estaba muy vinculado a Holanda, cuando se inventó el telescopio que él mejoró. Muchas de las obras de expresión gráfica de esta época –por ejemplo, las de Hieronymus Bosch y El Greco– reflejan el espíritu de cambio que caló en la época. Fue la era de la institución de la física moderna por Isaac Newton. Descartes, Hobbes y Spinoza –genios básicos de la historia de la filosofía– florecieron asimismo en tales momentos. El tiempo en que se desarrollaron las actividades y escritos de Leonardo da Vinci, Gilbert, Galileo y Bacon, también corresponde al origen del método experimental en la ciencia.

Un caso histórico, muy interesante en este sentido, nos lo proporciona Holanda, país que ha contribuido de modo notable a la cultura occidental con su aportación de individuos realmente geniales. Si hubo un período de florecimiento cultural en Holanda, fue el comprendido en la segunda mitad del siglo XVII. Los puertos españoles se hallaban cerrados y resultaban inaccesibles a la república holandesa a causa de la guerra entre Francia y España. Obligada a encontrar sus propias fuentes comerciales, Holanda fundó la «*Dutch East*» y «*West India Companies*». Se dedicó entonces una buena parte de los recursos nacionales a la inversión en Ultramar, y la consecuencia fue que Holanda se convirtió, por una sola vez en su historia, en una potencia mundial. A causa de ello, hoy día se habla holandés en Indonesia y varios individuos de ascendencia holandesa alcanzaron la presidencia de los Estados Unidos. Mucho más importante es el hecho de que, durante el mismo período de tiempo, florecieran, en Holanda, Vermeer y Rembrandt, Spinoza y Van Leeuwenhoek. Era una sociedad estrechamente unida: Van Leeuwenhoek fue, de hecho, el albacea de los bienes de Vermeer. Holanda era la nación más liberal y menos autoritaria de Europa en aquella época.

En toda la historia de la Humanidad, únicamente habrá una sola generación que sea la primera en explorar el Sistema Solar, una generación para la cual, en la infancia,

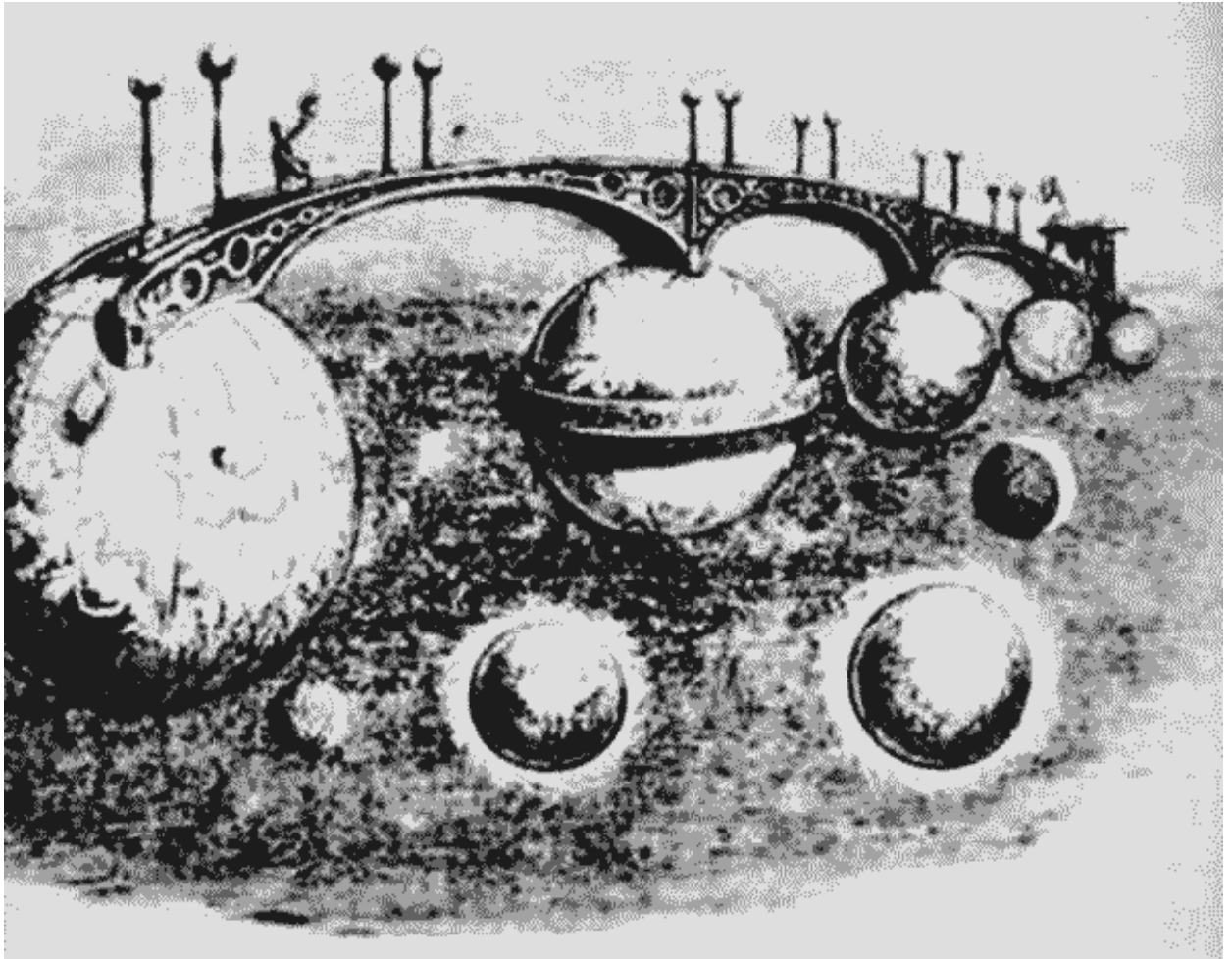


los planetas son discos claros y distantes que se mueven a través del cielo nocturno, y para la que, en la vejez, los planetas sean lugares, diversos nuevos mundos en el curso de la exploración aún no acabada.

Habrà un momento en nuestra futura historia en el que se explorará y habitará el Sistema Solar. Tanto para esa generación que antes he mencionado como para todos los que vengan detrás de nosotros, el momento actual será importantísimo en la historia de la Humanidad. No hubo muchas generaciones a las que se les haya concedido una oportunidad tan importante como ésta. La oportunidad es nuestra si no la dejamos perder. Aquí podríamos parafrasear a K. E. Tsiolkovski, fundador de la astronáutica:

*«La Tierra es la cuna de la Humanidad, pero no podemos vivir para siempre en la cuna.»*

Una criatura humana, desde muy pequeña, comienza a adquirir madurez mediante los descubrimientos experimentales de que él no es todo el Universo. Lo mismo puede decirse de sociedades dedicadas a la exploración de todo cuanto las rodea. La perspectiva que debe provocar la exploración espacial puede acelerar la madurez de la Humanidad, una madurez que no puede llegar demasiado pronto.



*Les mystères des Infinis* de Grandville, 1844.

## Segunda parte: El Sistema Solar

*Hubo una época –y muy reciente– en la que se consideró insensata la idea de la posibilidad de estudiar la composición de los cuerpos celestes, idea que también consideraban carente de sentido común incluso los pensadores y prominentes científicos. Ese tiempo, esa época, ya ha pasado. La idea de la posibilidad de estudiar el Universo, desde mucho más cerca, y más directamente, es algo que hoy día, creo yo, adquiere mayor primacía e importancia en las mentes de todos nuestros congéneres, e incluso en las de nuestros nuevos pensadores y prominentes científicos. Pisar el suelo de los asteroides, alzar con una mano una de las piedras de la Luna, moverse de acá para allá en estaciones situadas en el espacio y establecer círculos vivos alrededor de la Tierra, la Luna y el Sol, para observar a Marte desde una distancia de varias decenas de verstas, aterrizar en sus satélites e incluso en la superficie de Marte, ¡qué podría ser más fantástico! Sin embargo, sólo con el advenimiento de vehículos a reacción será posible iniciar una nueva era en la Astronomía, la época de un cuidadoso estudio del cielo... El motivo primordial de mi vida es hacer algo útil para la gente... Ésa es la razón de que me haya interesado por cosas que no dan pan ni fuerza. Aunque espero que mis estudios, quizá pronto o acaso en un futuro lejano, proporcionen a la sociedad montañas de grano y de poder ilimitado.*

**K. E. Tsiolkovski**

1912

## 10. Sobre la enseñanza de primer grado



Fotografía de la «*Tierra llena*», tomada desde un Apolo. Cortesía de la NASA.

Un amigo, alumno de primer grado, me pidió que hablara en su clase, cuyos miembros, según me aseguró, no sabían nada sobre astronomía, pero que ansiaban aprender. Con la aprobación del profesor, llegué a su escuela en Mill Valley, California, provisto de veinte o treinta diapositivas en color de objetos astronómicos: la Tierra vista desde el espacio, la Luna, los planetas, estrellas explosivas, nebulosas gaseosas, galaxias y demás, que creí podrían asombrar, intrigar y, probablemente, incluso, educar en cierta medida.

Pero antes de comenzar la proyección de diapositivas a todos aquellos rostros infantiles cuyos ojos brillaban ansiosamente, quise explicar que existe una gran diferencia entre establecer lo que la ciencia ha descubierto y el hecho de describir cómo los científicos lo averiguaron o descubrieron. Es fácil resumir las conclusiones. Es difícil relatar todos los errores, pistas falsas e ignoradas, dedicación, duro trabajo y penoso abandono de iniciales puntos de vista que forman parte del descubrimiento original de algo interesante.

Comencé diciendo:

*«Todos habéis oído decir que la Tierra es redonda. Todo el mundo cree que la Tierra es redonda. Pero, ¿por qué creemos que la Tierra es redonda? Alguno de vosotros, ¿puede pensar o imaginar alguna prueba de que la Tierra sea redonda?»*

Durante la mayor parte de la historia de la Humanidad, siempre se sostuvo de manera reverente que la Tierra es llana, como resulta perfectamente evidente para alguien que haya estado en pie sobre un campo de trigo de Nebraska durante la época de la siembra. El concepto de una Tierra llana todavía predomina en nuestro lenguaje en frases como *«los cuatro rincones de la Tierra»*. Creí que asombraría a mis pequeños alumnos eventuales y que luego les explicaría lo difícil que había resultado conseguir que todo el género humano entendiera la esfericidad de nuestro planeta. Sin embargo, había subestimado al primer grado de Mill Valley.

—Bien —preguntó un chico vestido con un *«mono»* de trabajo como el usado por los obreros del ferrocarril—, ¿qué hay de ese asunto de un barco que se aleja de uno y que la última cosa que de él se ve es el mástil, o como se llame eso que sostiene la vela? ¿No significa eso que el océano está curvado?

—¿Qué ocurre cuando hay un *eclipse* de Luna? Eso es cuando el Sol está detrás de nosotros y la sombra de la Tierra está sobre la Luna, ¿no es así? Bueno, yo vi un *eclipse*. Esa sombra era redonda y no recta. Así pues, la Tierra tiene que ser redonda.

—Hay mejores pruebas, pruebas mucho mejores —ofreció otro—. ¿Y ese individuo que navegó *alrededor* del Mundo? Se llamaba Majello, ¿no? Pues no se puede viajar *alrededor* del mundo si éste no es redondo, ¿no? Y la gente, hoy, navega *alrededor* del mundo y vuela *alrededor* del mundo todo el tiempo. ¿Cómo se puede volar *alrededor* del mundo si no es redondo?

—¡Eh, muchachos! —exclamó otro—. ¿No sabéis que hay fotografías de la Tierra? Los astronautas estuvieron en el espacio y tomaron fotos de la Tierra. Podéis mirarlas y veréis que todas son redondas. No tenéis por qué emplear todas esas razones. Podéis ver que la Tierra es redonda.

Y después, a modo de *coup de grâce*, una muchachita con delantal casero que recientemente había acudido a visitar el Museo de Ciencias de San Francisco en una excursión escolar, preguntó con tono de indiferencia:

—¿Y qué me decís del experimento del péndulo de Foucault?

Fue un muy serio y grave conferenciante el que siguió describiendo los hallazgos de la astronomía moderna. Estos niños no eran la prole de astrónomos profesionales, profesores de colegio, físicos, y demás. Evidentemente, eran niños normales de primer grado. Albergo la gran esperanza de que, si pueden sobrevivir a doce o veinte años de «educación» metódica, puedan darse prisa para crecer y comenzar a dirigir las cosas.

La astronomía no se enseña en las escuelas públicas, al menos en América. Con muy pocas excepciones, excepciones notables por supuesto, un estudiante puede pasar del primer grado al duodécimo sin haberse enfrentado para nada con los hallazgos o descubrimientos que nos dicen dónde estamos en el Universo, cómo llegamos aquí y a dónde iremos probablemente, y asimismo sin haberse enfrentado en absoluto con la perspectiva cósmica.

Los antiguos griegos consideraban la astronomía como uno de la media docena, o, así, de temas necesarios a la educación de los hombres libres. Encuentro que, en las charlas y discusiones que he sostenido con alumnos de primer grado, con comunidades *hippies*, con miembros del Congreso, y hasta con taxistas, existe una enorme reserva de interés y emoción por las cosas astronómicas. La mayor parte de los periódicos americanos publican cada día una columna dedicada a la astrología. ¿Cuántos periódicos o revistas hay que dediquen diariamente una columna a la astronomía o a la ciencia?

La astrología pretende describir una influencia que llene las vidas de las gentes. Pero es una farsa. Es la ciencia la que de verdad influye en las vidas de las personas, aunque en sentido directo ligeramente menor. La enorme popularidad de la ciencia-ficción y de películas como *2001: Una odisea espacial* son pruebas de este entusiasmo científico que está sin explotar. No cabe la menor duda de que tanto la ciencia como la tecnología gobiernan, controlan y moldean nuestras vidas, para bien y para mal. Deberíamos realizar un mayor esfuerzo por aprender algo sobre ellas.

## 11. Los legendarios dioses de la antigüedad



Britannia, la diosa en la cara principal del antiguo penique británico.

La clase de problemas científicos que me ocupan —el medio ambiente de otros planetas, el origen de la vida, la posibilidad de que haya vida en otros mundos— son de interés popular. Esto no es accidental. Creo que todos los seres humanos se sienten impresionados por estos problemas fundamentales, y opino que soy lo suficientemente afortunado como para vivir en una época en la que es posible llevar a cabo la investigación científica de estos problemas.

Un resultado de ese interés popular es que recibo gran cantidad de correo, cartas de todas clases, algunas muy agradables, como las de gente que escribió poemas y sonetos sobre la placa del *Pioneer 10*; algunas son de escolares que desean que les solucione sus deberes de la semana, otras de personas extrañas que me piden dinero prestado; algunas de individuos que desean que compruebe y examine al detalle sus planos sobre inventos que van desde armas que lanzan rayos especiales, naves espaciales, hasta máquinas de movimiento continuo. También hay cartas de personas que abogan por diversas disciplinas misteriosas, como la astrología, relatos de contactos con seres extraterrestres, ficción especulativa de Von Daniken, brujería, quiromancia, frenología, naipes de Tarot, el I-Ching, meditación trascendental, y experiencias psicodélicas. También, de vez en cuando, aparecen historias más tristes, como la de una mujer que recibió un mensaje verbal de los habitantes de Venus a través de la regadera de su ducha, o la de un hombre que intentó denunciar a la Comisión de Energía Atómica por seguir cada uno de sus movimientos con «rayos atómicos». Hay cierto número de personas que escriben diciendo que pueden recoger señales inteligentes extraterrestres de radio a través de los empastes de sus muelas, o sólo concentrándose en debida forma.

Pero al cabo de varios años hay una carta que siempre recuerdo como la más mordaz y encantadora de esta clase. Llegó por correo ordinario. Se trata de una carta de ochenta y cinco folios escritos a mano con bolígrafo verde, procedente de un caballero internado en un hospital psiquiátrico de Ottawa. Había leído un artículo en un periódico local en el que yo decía que creía posible existiese vida en otros planetas; el autor de la carta deseaba asegurarme que yo tenía toda la razón del mundo, dada su experiencia y conocimientos personales.

Para ayudarme a entender y penetrar en la fuente de sus conocimientos, pensé que me agradaría conocer algo de su historia personal, lo cual explica la enorme extensión de las ochenta y cinco páginas de la misiva. Cuando era todavía un hombre joven en Ottawa, próximo ya a estallar la Segunda Guerra Mundial, vio un cartel de reclutamiento militar de las Fuerzas Armadas norteamericanas: el clásico, el que se hizo tan famoso, el que mostraba a un sujeto señalando con un dedo al vientre de uno diciendo:

*«El Tío Sam te necesita.»*

El hombre se sintió tan impresionado por el atractivo rostro del Tío Sam, que inmediatamente decidió conocerle. El hombre tomó un autobús para California, lugar que, en su opinión, debía ser el punto de residencia más plausible para el Tío Sam. Una vez en el centro de reclutamiento, preguntó dónde podría hallar al Tío Sam. Tras alguna confusión sobre apellidos, el hombre fue recibido con miradas muy poco agradables. Al cabo de varios días de entusiástica búsqueda, nadie, en California, pudo explicarle el paradero del Tío Sam.

Regresó a Ottawa profundamente deprimido tras haber fracasado en su empresa. Pero casi inmediatamente, como si se tratara de la cegadora luz de un flash, percibió la labor de su vida. Se trataba de hallar «*los legendarios dioses de la Antigüedad*», frase que aparece repetida muchas veces en la carta. El hombre tenía la interesante idea de que los dioses solamente sobreviven mientras disponen de adoradores. Entonces, ¿qué ocurre con los dioses en los que nadie cree, como, por ejemplo, los dioses de la antigua Grecia o Roma? Bien, concluía el hombre, quedan reducidos al



estado de seres humanos corrientes, sin disfrutar para nada de los gajes y poderes de la divinidad. Tienen que trabajar para vivir, como todo el mundo. Por otra parte, el hombre creía que tales dioses debían mostrarse un tanto reservados acerca de sus desgraciadas circunstancias, pero que, a veces, se quejaban de tener que realizar labores serviles cuando en otro tiempo cenaban en el Olimpo. Razonaba que tales deidades retiradas debían ser internadas en establecimientos para dementes. Por tanto, el método más razonable de localizar a estos dioses sin tónicas era encarcelarse a sí mismo en la institución psiquiátrica de la localidad, cosa que no tardó en hacer.

Aunque podamos no estar muy de acuerdo con algunos puntos de su razonamiento, probablemente sí lo estaremos en que finalmente hizo lo mejor que podía hacer.

Mi informante decidió entonces que buscar a todos los legendarios dioses de la Antigüedad sería tarea realmente agotadora. Y así se fijó tan sólo en unos pocos: Júpiter, Mercurio, y en la diosa que aparece en el anverso del antiguo penique británico: probablemente la elección no fue muy idónea entre los dioses más interesantes, pero seguro que el trío era muy representativo. Ante su asombro (y ante el mío) encontró internados, en el mismo sanatorio en que él lo había hecho, a Júpiter, Mercurio y a la diosa del penique británico. Estos dioses admitieron inmediatamente su identidad y le contaron historias sobre los viejos tiempos en los que fluía libremente el néctar y la ambrosía.

Y, acto seguido, mi corresponsal alcanzó un éxito que sobrepasaba a todas sus esperanzas iniciales. Un día, junto a una fuente de cerezas, encontró a «*Dios Todopoderoso*» o, al menos, a alguien que se le parecía mucho, ya que lo cierto fue que el personaje que le ofreció las cerezas en aquel momento reconoció, modestamente, ser Dios Todopoderoso. Pues bien, el Dios Todopoderoso, por fortuna, tenía una pequeña nave espacial en los terrenos del sanatorio y se ofreció para llevar a mi informante a dar un paseo por el Sistema Solar, cosa que llevó a cabo en un abrir y cerrar de ojos.

*«Y así, doctor Sagan, es como puedo asegurarle que los planetas están habitados.»*

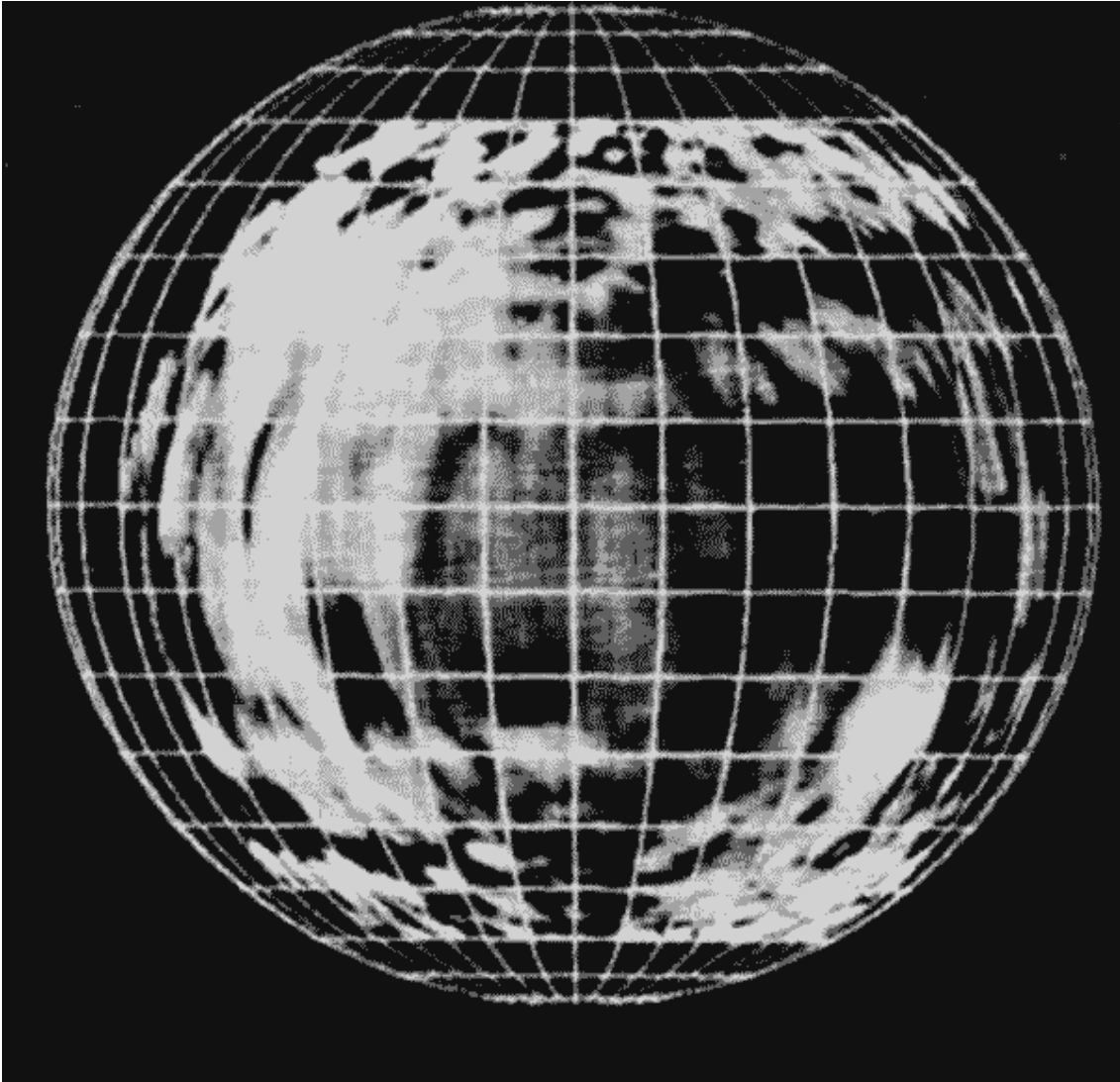
La carta terminaba más o menos así:

*«Pero todo este asunto acerca de la vida en otros lugares se presta a mucha especulación y no vale la pena de que un científico como usted le preste un serio interés. ¿Por qué no orienta sus esfuerzos a solucionar un problema realmente importante como la construcción de un ferrocarril transcanadiense en latitudes muy al Norte?»*

Y a continuación aparecía un detallado plano sobre la ruta que debía seguir tal ferrocarril, más la expresión de sus buenos deseos hacia mi persona.

Por supuesto, aparte de no pensar en trabajar sobre un ferrocarril transcanadiense en rutas de semejante latitud, la verdad es que nunca pude pensar en dar una respuesta adecuada a esta carta.

## 12. La historia detectivesca de Venus



Mapa de radar de la superficie de Venus, invisible para el ojo humano a causa de la densa atmósfera y de la cubierta de nubes del planeta. Cortesía del Arecibo Observatory, Cornell University.

Una de las razones por las cuales en nuestros días la astronomía planetaria se ha convertido en una auténtica delicia, es que resulta posible averiguar lo que es realmente correcto o exacto. En otras épocas, uno podía intuir o pronosticar a su gusto sobre un medio ambiente planetario, por muy improbables que fuesen tales cálculos, con la seguridad de que nadie iba a demostrar que se estaba equivocado. Hoy día, las naves espaciales u otros ingenios similares, cuelgan como espadas de Damocles sobre cada hipótesis emitida por los teóricos planetarios, y se puede

observar a los teóricos en curiosa amalgama de esperanzas y temores cada vez que nos llega a la Tierra nueva información proporcionada por los ingenios espaciales.

Antiguamente, cuando los astrónomos disponían de telescopios, ojos, y muy poco más para prestar ayuda a sus observaciones, Venus era un mundo hermano. A fines del siglo XIX se supo que Venus tenía aproximadamente la misma masa y radio que la Tierra. Venus es el planeta más cercano a la Tierra, y era natural que se pensara en él como algo muy parecido o igual a la Tierra, al menos en ciertos aspectos.

Immanuel Kant imaginó en Venus a una raza de seres tiernos y apasionados, casi humanos. Emmanuel Swedenborg y Annie Besant, una fundadora de la teosofía, encontraron –por métodos descritos como viajes espirituales y proyección astral– criaturas muy parecidas a los seres humanos situándolas en Venus. En años más recientes, algunos de los relatos más audaces relacionados con los platillos volantes –por ejemplo, los de George Adamski– poblaron Venus con una raza de seres poderosos y benignos, muchos de los cuales aparecen con largos cabellos y también con largos vestidos blancos, claro simbolismo, en la América previa a 1963, de una intención profundamente espiritual. Hay una larga historia de ávidos caminos de pensamiento, especulación meditativa y fraude consciente o inconsciente, que produjo expectación popular sobre el hecho de que nuestro más cercano vecino planetario esté habitado por seres humanos, más bien parecidos a nosotros, o que sea un lugar habitable para los terrícolas.

Por tanto, se produjo considerable sorpresa y yo diría que incluso molestia, cuando finalmente se recibieron las primeras observaciones de radio sobre Venus. Estas mediciones llevadas a cabo por C. H. Mayer y sus colegas, en 1956, en el Laboratorio de Investigación Naval de los Estados Unidos, descubrieron que Venus era una fuente de emisión de radio mucho más intensa de lo que se había supuesto. A juzgar por la distancia que hay desde Venus al Sol y la cantidad de luz solar que devuelve al espacio, el planeta debía ser frío o fresco. Como Venus devuelve en su reflejo tanta luz al espacio, su temperatura debía ser incluso inferior a la de la Tierra, a pesar de su proximidad al Sol. El grupo de Mayer halló que Venus, en una longitud de onda de radio de 3 cm, proporcionaba tanta radiación como si fuera un cuerpo caliente a una temperatura de unos 315 °C. Posteriores observaciones realizadas con numerosos radiotelescopios a muchas y diferentes frecuencias de radio confirmaron la conclusión general de que Venus poseía una «*temperatura brillante*» de entre los 315 °C y los 425 °C aproximadamente.

Sin embargo, hubo una gran renuencia en la comunidad científica a creer que la emisión de radio procedía de la superficie de Venus. Un objeto caliente emite radiación en muchas longitudes de onda. ¿Por qué Venus sólo parecía caliente en longitudes de onda de radio? ¿Cómo podía mantenerse tan caliente la superficie de Venus? Y, finalmente –puesto que los factores psicológicos pueden ser dominantes, consciente o inconscientemente, incluso en la ciencia–, un planeta Venus caliente, mucho más caliente que un horno casero, era perspectiva menos agradable que el Venus poblado por seres graciosos con inclinaciones amorosas o espirituales, siguiendo la larga tradición desde Kant hasta Adamski.

Este problema del origen de la emisión de radio de Venus fue parte principal de mi tesis doctoral. Escribí unos veinte documentos científicos sobre el tema entre 1961 y 1968, cuando finalmente el problema se consideró solucionado. Miro hacia atrás y

contemplo con placer este período de tiempo. La historia de radio de Venus es muy similar a un relato detectivesco en cuyas páginas hay gran cantidad de posibles pistas. Algunas son vitales para la solución; otras son falsas y conducen a una dirección errónea. Algunas veces puede deducirse la verdadera respuesta teniendo en cuenta todos los hechos principales y recurriendo a un razonamiento plausible y lógico.

Había varias cosas que ya conocíamos acerca de Venus. Sabíamos cómo variaba con la radiofrecuencia la «*temperatura brillante*». Sabíamos cómo Venus reflejaba sobre la Tierra ondas de radio enviadas mediante grandes telescopios con radar. La primera prueba con éxito del hombre —el *Mariner 2* de los Estados Unidos— descubrió, en 1962, que Venus era más brillante en longitudes de onda de radio en su parte central que en sus bordes.

Había varias teorías en contra de tales observaciones. Podían agruparse en dos categorías generales: El modelo de superficie caliente, en el cual la emisión de radio procedía de la superficie sólida del planeta, y el modelo de superficie fría, en el cual dicha emisión provenía de cualquier otro lugar, desde una capa ionizada en la atmósfera venusina, de descargas eléctricas entre gotitas en las nubes de Venus, o de un hipotético gran cinturón de partículas cargadas eléctricamente que se movía con suma rapidez alrededor de Venus (como las que, de hecho, rodean a la Tierra y a Júpiter). Estas últimas hipótesis permitían que la superficie se mantuviera fría, situando la intensa emisión de radio sobre la superficie. Si deseábamos la presencia de buques en Venus, entonces nos convertíamos en defensores del modelo de superficie fría.

Si comparamos sistemáticamente los modelos de superficie fría con las observaciones hechas, hallamos que todos tropezaban con graves dificultades. El modelo o hipótesis en el cual la emisión de radio procedía de la ionosfera, por ejemplo, pronosticaba que Venus no debía reflejar, en absoluto, ondas de radio. Pero los telescopios-radar habían descubierto ondas de radio reflejadas desde Venus con una eficiencia del 10 ó 20 %. Para obviar tales dificultades, los que abogaban por el modelo ionosférico construyeron hipótesis muy sofisticadas en las que existían muchas capas ionizadas con orificios especiales en ellas para permitir el paso del radar a través de la ionosfera, tocar la superficie de Venus y regresar a la Tierra. Al mismo tiempo, no podían existir demasiados orificios, ya que de ser así la emisión de radio no sería tan intensa como se observaba. Estos modelos me parecieron excesivamente detallados y arbitrarios en sus circunstancias.

Poco antes de las notables observaciones de 1968 hechas por una nave espacial, acerca de Venus, entregué un documento a *Nature*, revista científica británica, en el cual resumía estas conclusiones y deducía que sólo el modelo o hipótesis de la superficie caliente era el que mejor se ajustaba a todas las pruebas. Antes de esto, ya había propuesto una teoría específica, en términos del efecto llamado «*invernadero*», para explicar cómo la superficie de Venus podía registrar tan elevadas temperaturas. Pero mis conclusiones en contra de los modelos de superficie fría, en 1968, no dependían de la validez de la explicación «*invernadero*»: sucedía que una superficie caliente explicaba los datos y una superficie fría no. A causa de mi interés por la exobiología, hubiese preferido un Venus habitable, pero los hechos me condujeron a otra parte. En un trabajo publicado en 1962, yo

concluía, por pruebas indirectas, que la temperatura promedio en la superficie en Venus era, aproximadamente, de 425 °C y la presión atmosférica promedio en la superficie era unas cincuenta veces mayor que en la superficie de la Tierra.

En 1968, una nave espacial americana, el *Mariner 5*, voló cerca de Venus, y una nave espacial soviética, el *Venera 4*, penetró en su atmósfera. En 1974, ya habían entrado en la atmósfera de Venus cinco cápsulas soviéticas con instrumentos. Las tres últimas descendieron sobre el planeta y enviaron datos de la superficie del planeta. Eran los primeros artificios de la Humanidad que se posaban en la superficie de otro planeta. El promedio de la temperatura de Venus era aproximadamente de 500° C; el promedio de presión en la superficie era de aproximadamente noventa atmósferas. Mis conclusiones iniciales eran bastante correctas, aun cuando un tanto conservadoras.

Es interesante, ahora que conocemos por mediciones directas las verdaderas condiciones de Venus, leer algunas de las críticas hechas al modelo de superficie caliente que se publicaron en la década de los sesenta. Un año después de haber recibido el título de doctor en Filosofía, hubo un famoso astrónomo planetario que me hizo una apuesta de diez contra uno, asegurando que la presión sobre la superficie de Venus no era diez veces superior a la de la Tierra. Gustosamente entregué mis diez dólares contra sus ciento, y he de confesar en honor suyo que me pagó los cien dólares, cuando tuvimos en la mano los resultados de las observaciones hechas en los aterrizajes soviéticos.

La teoría y los artificios espaciales obran recíprocamente en otras formas. Por ejemplo, el *Venera 4* radió su última temperatura, o, mejor dicho, su último punto de presión-temperatura a 230 °C y veinte atmósferas. Los científicos soviéticos concluyeron que éstas eran las condiciones de la superficie de Venus. Pero los datos de radio ya habían demostrado que la temperatura de la superficie tenía que ser mucho más elevada. Combinando el radar con los datos del *Mariner 5*, supimos que la superficie de Venus se hallaba mucho más abajo de donde los científicos soviéticos habían concluido que el *Venera 4* se había posado. Ahora parece demostrado que los diseñadores de la primera nave espacial *Venera*, creyendo que eran reales los modelos de superficie fría de los teóricos, construyeron una nave espacial relativamente frágil que quedó aplastada por el peso de la atmósfera de Venus muy por encima de la superficie, lo mismo que un submarino no construido para grandes profundidades resultaría aplastado en el fondo del océano.

En la reunión de la COSPAR \* , celebrada en Tokio en 1968, yo emití la opinión de que la nave espacial *Venera 4* había dejado de funcionar a unos 30 km de altura sobre la superficie. Mi colega el profesor A. D. Kuzmin, del Instituto Físico Lebedev de Moscú, alegó que la nave había aterrizado en la superficie. Cuando le rebatí que los datos del radar y la radio no situaban la superficie a la altura deducida para el aterrizaje del *Venera 4*, el doctor Kuzmin respondió que el *Venera 4* había tocado la cima de una alta montaña. Acto seguido, repliqué que los estudios de radar realizados en Venus mostraban montañas con una altura máxima de 2.000 m y que, en consecuencia, era improbable que el *Venera 4* hubiese aterrizado sobre una montaña de 30.000 m de altura en Venus, aunque pudiera existir semejante montaña. El profesor Kuzmin me contestó preguntándome qué opinaba sobre la probabilidad de que la primera bomba alemana lanzada sobre Leningrado, en la

Segunda Guerra Mundial, hubiese liquidado al único elefante que había en el parque zoológico de la ciudad. Admití que la posibilidad era muy pequeña, sin duda alguna. El profesor respondió triunfalmente con la información de que éste había sido, en realidad, el destino del elefante de Leningrado.

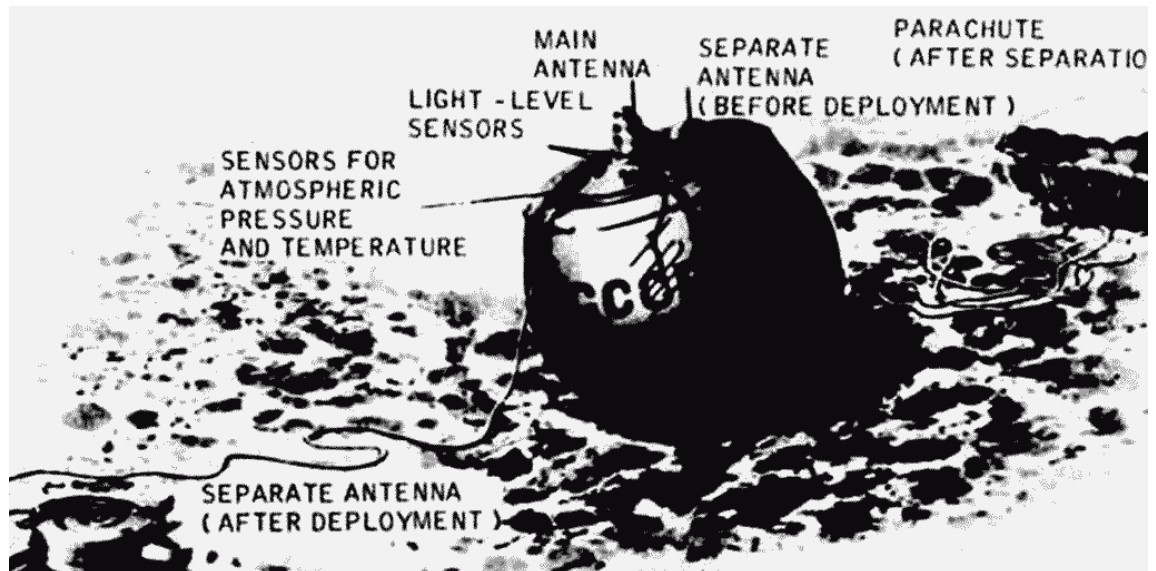
\* \_ Comisión de Investigación y Estudios Espaciales. N. del T..

Los diseñadores de las siguientes naves espaciales soviéticas, a pesar del caso del zoológico de Leningrado, tuvieron sumo cuidado en aumentar la fuerza material de las naves espaciales para sucesivas misiones. El *Venera 7* pudo soportar presiones ciento ochenta veces superiores a las que reinan en la superficie de la Tierra, margen adecuado para las reales condiciones de la superficie de Venus. Transmitió datos desde la superficie de Venus durante veinte minutos antes de quedar abrasada. El *Venera 8*, en 1972, transmitió durante cuarenta minutos. La presión de la superficie no es de veinte atmósferas y el espectacular monte Kuzmin no existe.

La principal conclusión acerca del método científico que saqué de esta historia es la siguiente: Aunque la teoría es útil en los proyectos o diseños de experimentos, sólo las experiencias directas convencerán a cualquiera. Basándose únicamente en mis conclusiones indirectas, hoy día habría mucha gente que no creería en un planeta Venus caliente. Como resultado de las observaciones del *Venera*, todo el mundo acepta las terribles presiones de Venus, calor fantástico, escasa iluminación y extraños efectos ópticos.

El hecho de que nuestro planeta hermano sea tan diferente a la Tierra es problema científico de primer orden, y los estudios de Venus son de sumo interés para comprender la más temprana historia de la Tierra. Por añadidura, ayuda a calibrar la seguridad de la proyección astral y viaje espiritual popularizados por Emmanuel Swedenborg, Annie Besant, e innumerables imitadores actuales, ninguno de los cuales captaron detalle alguno de la verdadera naturaleza de Venus.

### 13. Venus es el Infierno



Esquema del vehículo espacial *Venera 8*, que aterrizó sobre la superficie de Venus en 1972. De Tass.

El planeta Venus flota sereno y bello en el cielo de la Tierra como brillante punto de luz blancoamarillenta. Visto o fotografiado a través de un telescopio, se distingue un disco sin rasgos característicos; una capa de nubes enorme, enigmática y cerrada oculta la superficie a nuestra vista. Ningún ojo humano ha visto el suelo de nuestro más cercano vecino planetario.

Pero ahora sabemos muchas cosas sobre Venus. Por las observaciones de radiotelescopio y naves espaciales, sabemos que la temperatura de la superficie es de alrededor de  $500^{\circ}\text{C}$ . La presión atmosférica en la superficie de Venus es noventa veces superior a la que experimentamos en la Tierra. Como la gravedad del planeta es tan poderosa como la de la Tierra, hay noventa veces más moléculas en la atmósfera de Venus que en la de la Tierra. Esta densa atmósfera actúa como una especie de manta aislante, manteniendo la superficie caliente mediante el efecto de «*invernadero*» y suavizando diferencias de temperatura de un lugar a otro. Es probable que el polo de Venus no sea significativamente más frío que su ecuador, y en Venus hace tanto calor a mediodía como a medianoche.

A 80 km sobre la superficie se extiende la espesa capa de nubes que vemos desde la Tierra. Hasta fecha muy reciente nadie conocía la composición de estas nubes. Yo había sugerido que quizás estuvieran formadas, en parte, por agua, un material muy abundante cósmicamente, lo que podría abonar muchas, pero no todas, por supuesto, de las propiedades observadas en las nubes de Venus. Pero también se sugerían otros materiales, entre ellos cloruro de amonio, varios silicatos, soluciones de ácido clorhídrico, cloruro férrico hidratado, hidrocarburos, siendo sugerido este

último producto por Immanuel Velikovski, en su novela *Mundos en colisión*, para proporcionar maná a los israelitas en sus cuarenta años de vagar por el desierto. Los otros materiales que se insinuaron pisaban terreno más firme. Sin embargo, cada uno de ellos entraba en conflicto con una o más de las observaciones realizadas.

Pero, recientemente, se ha sugerido un material que parece ajustarse a la perfección a toda medición. El astrónomo americano Andrew T. Young ha demostrado que las nubes de Venus es probable que sean una solución concentrada de ácido sulfúrico. Una solución del 75 % de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> se ajusta al índice de refracción de las nubes de Venus determinado por observaciones polarimétricas efectuadas desde la Tierra. Ninguno de los otros materiales se acerca a este cálculo. Tal solución es líquida a las temperaturas y presiones reinantes en las nubes de Venus. El ácido sulfúrico posee una característica de absorción determinada por el espectroscopio infrarrojo, en una longitud de onda de 11,2 micrones. De todos los materiales propuestos o sugeridos, tan sólo el H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> posee tal característica de absorción. La serie soviética de los *Venera* encontró grandes cantidades de vapor de agua por debajo de las nubes visibles de Venus. Las observaciones que se han hecho en busca de agua mediante procedimientos espectroscópicos han hallado solamente una insignificante cantidad de vapor de agua en las nubes de Venus. Las dos observaciones estarán de acuerdo en el caso de que entre estas dos regiones haya un eficaz agente secador. El ácido sulfúrico es tal agente.

En la atmósfera de la Tierra hay gotitas de agua a gran altura y vapor de agua en las capas atmosféricas más inferiores. De la misma manera en Venus: Si hay gotitas de ácido sulfúrico en las nubes altas, debe haber más abajo ácido sulfúrico gaseoso, a una concentración relativamente elevada cerca de la superficie. Los astrónomos también han hallado pruebas inequívocas de la existencia de ácidos clorhídrico y fluorhídrico como gases en la atmósfera superior de Venus. También deben existir a elevada concentración, por ejemplo, en las proporciones relativas del *smog* en el aire de Los Angeles, en la atmósfera más baja de Venus. Estos tres ácidos constituyen una mezcla sumamente corrosiva. Cualquier nave espacial que haya de sobrevivir en la superficie de Venus no solamente debe estar protegida contra las altas presiones, sino también contra la atmósfera corrosiva.

En la actualidad, la Unión Soviética se halla inmersa en un programa muy activo de exploración de Venus, sin, por supuesto, presencia humana en tales exploraciones. Ahora sabemos que a mediodía hay suficiente luz en Venus para hacer fotografías. Llegará el día, quizá dentro de algunos años, no muchos, en que podamos tener las primeras fotografías de la superficie de Venus. ¿Cómo será esta superficie? Podemos hacer predicciones en cierta medida.

A causa de la atmósfera muy densa de Venus, se producen algunos efectos ópticos muy interesantes. El más importante de todos se debe a la dispersión Rayleigh, llamada así en honor del inglés Lord Rayleigh. Cuando la luz del Sol toca la atmósfera clara y limpia de polvo de la Tierra, dicha luz se dispersa. Los fotones chocan con las moléculas de la atmósfera terrestre y rebotan. Pueden darse muchos de tales rebotes. Pero como las moléculas de aire son mucho más pequeñas que la longitud de onda de la luz, resulta que las longitudes de onda corta se dispersan o rebotan mediante las moléculas de aire más eficazmente que las longitudes de onda largas. La luz azul se dispersa mucho mejor que la luz roja. Éste es un hecho que ya



conocía Leonardo da Vinci, quien pintaba los paisajes lejanos o de fondo con un primoroso azul cerúleo. Por eso hablamos de montañas azules, y por eso el cielo es azul. La luz del Sol se dispersa o extiende por toda nuestra atmósfera, parte de ella se dispersa hacia arriba y hacia afuera de nuevo, pero otras fracciones de luz solar se dispersan mediante las moléculas de nuestra atmósfera y entonces, siguiendo una dirección completamente distinta a la del Sol, vuelve a nuestros ojos. En ausencia de atmósfera, como en la Luna, el cielo es negro. Cuando miramos una puesta de Sol estamos viendo al Sol a través de un sendero más largo en la atmósfera de la Tierra que cuando lo contemplábamos a mediodía. La luz azul ha abandonado este sendero, dejando que la luz roja toque nuestros ojos. La belleza de las puestas de Sol, del cielo y de los distintos paisajes se debe a la dispersión Rayleigh.

¿Y qué hay de la dispersión Rayleigh en Venus? Como la atmósfera es mucho más densa, allí es mucho más importante la dispersión Rayleigh. Si pudiésemos suprimir las nubes de Venus, aún seríamos incapaces de ver su superficie desde arriba. En la atmósfera de Venus se dispersaría la luz de todos los colores tantas veces que no se podría distinguir ningún detalle de la superficie del planeta. Con longitudes de onda más largas a las que es sensible el ojo humano, se podría ver la superficie desde arriba, pero hay nubes. Las ondas de radio penetran en las nubes y atmósfera de Venus, y así se están confeccionando los primeros mapas de radar de Venus. Dentro de muy pocos años, el gran telescopio Arecibo, de la Cornell University, en Puerto Rico, comenzará a trazar el mapa de Venus, por radar, con mayor precisión que los mapas que se han hecho ópticamente de la Luna. Ya se tienen indicios de que en la superficie de este enigmático planeta hay cadenas montañosas y enormes cráteres.

En la superficie de Venus, la dispersión Rayleigh produce también otro importantísimo efecto. Así como no podemos ver la superficie en luz visible desde la parte superior de Venus, tampoco podemos ver el Sol, en luz visible, desde la superficie de Venus, aunque se abriese un enorme claro en las nubes. Por otra parte, si hubiese vida inteligente en Venus, la astronomía se desarrollaría muy lentamente, siendo así que surgiría primero la radioastronomía. La nave espacial *Venera 8* halló que la luz solar alcanza la superficie de Venus durante el día, pero queda tan atenuada por su paso entre las nubes y atmósfera que, incluso a mediodía, no es más brillante en Venus que en pleno crepúsculo de la Tierra. La luz solar sería así un brumoso y confuso retazo de luz de color rubí oscuro, cuya salida y puesta podrían determinarse muy vagamente.

Si pudiéramos hallarnos sobre la superficie de Venus vestidos con traje protector y los ojos cubiertos por gafas de Sol color violeta, no se vería nada en absoluto más allá de unos cuantos metros. La dispersión Rayleigh en luz azul es tan fuerte en Venus que la visibilidad en el color violeta es muy pequeña. Pero como la luz de larga longitud de onda se dispersa menos que la azul, en el final rojo del espectro visible –ojos cubiertos con gafas de Sol color rojo–, la visibilidad probablemente podría alcanzar los 200 ó 300 metros. En la superficie de Venus, todo debe estar bañado por una obscuridad de profundo color rojo.

Percibiríamos el color, pero tan sólo de aquellos objetos que estuviesen muy cerca de nosotros. Todo lo demás, todo cuanto nos rodeara, aparecería como un borrón rosado.

Así pues, Venus parece ser un lugar completamente diferente a la Tierra y, además, muy poco atractivo: temperaturas de verdadera parrilla, presiones aplastantes, gases corrosivos y malsanos, olores a azufre, y un paisaje inmerso en oscuridad rojiza.

Resulta curioso, pero hay un lugar asombrosamente parecido a éste en las leyendas, folklore y superstición de los hombres. Le llamamos Infierno. En la antigua creencia –por ejemplo, la de los griegos–, era el lugar a donde viajaban todas las almas humanas después de la muerte. En la época cristiana, se piensa en el Infierno como destino *post mortem* para una de las dos categorías de persuasión moral. Pero existen pocas dudas de que el punto de vista sobre el Infierno, en cuanto concierne al individuo medio –azufre, color rojo, llamas, etc.– se ajusta, en todo, a la superficie de Venus.

Aunque las moléculas biológicas terrestres rápidamente se harían pedazos en Venus, hay moléculas orgánicas –por ejemplo, algunas con una compleja estructura circular– que se mantendrían estables en las condiciones de Venus. Es difícil excluir la vida allí, pero ciertamente podemos decir que sería por completo diferente a la que para nosotros es familiar. Cualquier criatura que viva allí sin duda alguna ha de poseer piel muy correosa. A causa de las altas temperaturas atmosféricas, incluso sería normal que también dispusiera de pequeñas alas, cortas y rígidas, que llevasen al que las poseyera de un lado a otro en aleteo excepcionalmente enérgico y activo. Un diablo es un perfecto modelo –excepto en su aspecto de macho cabrío y humano– para un habitante de Venus. Milton e Isaías llamaron a Lucifer «*Hijo de la mañana*», de la estrella de la mañana. Durante miles de años, Venus y el Infierno se han identificado.

Por supuesto, que ésta no es más que una curiosa coincidencia y no creo que pueda ser algo más que eso. Aquí, el detalle principal es que en todas las leyendas uno se va al Infierno hacia abajo y no hacia arriba. El mundo clásico de Grecia y Roma y el antiguo Oriente Próximo estaba sazonado de volcanes en actividad. Estos terrenos volcánicos, como en las Islandia y Hawai contemporáneas, son lugares desolados, desnudos, aunque también paisajes de pavorosa belleza. De los cráteres volcánicos surgen gases sulfurosos; fuentes y ríos de lava tiñen los alrededores de rojo. Hace mucho calor. Uno se chamusca las cejas y pestañas si se acerca demasiado a una salida de lava. Y todo este calor, color rojo y malos olores vienen de abajo. No fue muy difícil para nuestros antepasados imaginar que los terrenos volcánicos eran aberturas que daban paso a un mundo en llamas completamente diferente, que se llamaba Infierno.

El interior de la Tierra y el exterior de Venus son parecidos, pero no idénticos. Los dos son lugares desagradables para los seres humanos, pero a la vez ambos poseen extremado interés científico, lugares que vale la pena visitar, ya que no lugares donde residir. Dante sabía mucho sobre esto.

## 14. Ciencia e «Inteligencia»



Variado grupo de agregados militares extranjeros agrupados para ver el lanzamiento del *Apollo 15*. Fotografía del autor.

Pasé los primeros dos años después de doctorarme en la Universidad de California, Berkeley, donde, entre otras cosas, me preocupó la búsqueda de vida en otros lugares y la esterilización de vehículos espaciales destinados a lugares como Marte, pues no deseábamos contaminar el medio ambiente marciano con microbios de la Tierra.

En un brillante día de primavera, recibí una llamada telefónica de un general de las Fuerzas Aéreas a quien había conocido y encontrado en varias reuniones de carácter científico. El general había trabajado principalmente en la medicina aplicada a la Aviación. Le llamaré aquí Bart Doppelganger. El general Doppelganger me informó que se encontraba en Los Angeles con tres científicos soviéticos, uno de los cuales estaba encargado del esfuerzo soviético de construir instrumentos para investigar la vida extraterrestre. Su nombre era Alexandr Alexandrovich Imshenetski (no hay razón alguna para cambiar su nombre; a diferencia de otros, en este relato, no tiene nada de que avergonzarse). Era la primera visita que hacía Imshenetski a los Estados Unidos. Sí, por supuesto que me interesaba conocerle. ¿Cuándo? La respuesta fue: «Inmediatamente.» Así que partí en automóvil hacia el aeropuerto de San Francisco, volé a Los Ángeles, donde tomé un taxi para dirigirme a una dirección que me había facilitado nuestro general Doppelganger.

Era el hogar de un fisiólogo muy conocido profesionalmente, un buen cerebro de la UCLA. En la sala de estar, a mi llegada, se encontraba el fisiólogo, otros expertos en medicina para la Aviación de la UCLA, el general Doppelganger, tres científicos soviéticos (dos expertos en medicina espacial y el académico Imshenetski) y un intérprete. Llamaré al intérprete Igor Rogovin; era un empleado americano de la Biblioteca del Congreso destinado a servir de intérprete para los tres rusos durante su visita a los Estados Unidos. La única cosa que me sorprendió como algo peculiar fue que el inglés de los tres rusos era realmente excelente. Entonces, ¿para qué necesitaban un intérprete?

Todo el mundo aparecía alegre, se cambiaron frases de suma cortesía y circularon bebidas (Igor también tomó parte en esto). No había conversación en la cual él estuviera ausente durante más de cinco minutos. Estaba muy atareado, como una abeja maníaca que obsesivamente revoloteara de flor en flor.

Al cabo de un rato, todos acordamos trasladarnos al aeropuerto internacional de Los Angeles, donde los rusos más tarde tomarían un avión. Pero, antes de emprender el viaje, cenaríamos juntos. Todos no cabíamos en un solo coche, por lo cual Rogovin no podía viajar en dos vehículos a la vez. Imshenetski, algunos otros y yo subimos a un coche, y Rogovin y los demás tomaron un segundo automóvil. Durante los veinte o treinta minutos que duró el viaje, Imshenetski y yo intercambiamos interesantes puntos de vista sobre métodos de detección de vida y esterilización de vehículos espaciales y su tecnología. Era el primero de los contactos que yo tenía con un científico soviético.

Llegamos al aeropuerto, donde registraron las maletas; luego los soviéticos se excusaron para ir al lavabo. Mientras les esperaba en el exterior, me encontré a solas con Igor Rogovin, quien inmediatamente me dijo, hablando por una de las comisuras de la boca y con el tono propio de un James Cagney o Humphrey Bogart:

–¿Qué hay muchacho? ¿Qué has averiguado?

Como no estaba muy al corriente de los métodos y costumbres mundanas, y sintiéndome muy complacido por la información que Imshenetski y yo habíamos intercambiado, rápidamente resumí lo que había aprendido.

–Muy bueno, muchacho. ¿Para quien trabajas?

–Para la Universidad de California, en Berkeley –repliqué en tono de suma satisfacción.

–No, no, muchacho; la tapadera no.

Poco a poco me fui dando cuenta de cuál era la ocupación de Igor Rogovin, ya que no de su identidad. Con creciente cólera, le expliqué que si era posible sostener una conversación con un científico soviético, tal conversación redundaría más en beneficio de la ciencia que en beneficio de los servicios americanos de Información Militar. Antes de que Rogovin pudiese decir algo, salieron del lavabo nuestros invitados soviéticos y todos nos fuimos a cenar.

Aunque me hallaba sentado junto a Imshenetski me sentí incapaz de hablar de nuevo con él acerca de cualquier tema que se pareciera a la ciencia. Todavía recuerdo que nuestros principales temas de conversación fueron las películas americanas y los poetas soviéticos. Tras haber bebido algunas copas, Alexandr Alexandrovich Imshenetski declaró que William Shakespeare era el poeta más leído en Rusia y que las películas americanas de vaqueros eran excesivamente violentas. Transcurrieron varias horas durante las cuajés sólo hablamos sobre estos dos temas.

Cuando los rusos partieron hacia su país, yo regresé a Berkeley.

A la mañana siguiente examiné las páginas de la guía telefónica de San Francisco y, bajo «Gobierno de los Estados Unidos», encontré una sección marcada «Central Intelligence Agency». Al marcar el número en cuestión, una voz de tono alegre dijo algo parecido a «Yukon 4-2143».

–¡Oiga! ¿Es la CÍA? –pregunté.

–¿En qué podemos servirle, señor?

–Quiero presentar una queja. Más bien hacer una reclamación.

–Un momento, señor; le pondré con el Departamento de Reclamaciones.

Esto ocurrió poco después del episodio de la Bahía de los Cochinos y supongo que la CÍA estaba recibiendo montañas de reclamaciones y quejas.

Cuando, por fin, logré que me pusieran con el Departamento de Reclamaciones, me lancé rápidamente a hacer un resumen de mi encuentro o, más bien, choque con el señor Rogovin, pero al cabo de unos segundos me silenciaron alegando que aquél no era tema adecuado para tratar por teléfono. La voz que me impuso silencio no llegaba a mis oídos por la misma línea. Seguramente la línea estaba intervenida. En

consecuencia, establecimos una cita para más tarde en aquel mismo día y en mi despacho.

Por supuesto, y a la hora prescrita, llegaron dos hombres jóvenes, muy bien vestidos, que me mostraron dos tarjetas de identificación con la firma de John McCone, quien recientemente había sido nombrado director de la CÍA. Tras expresar mi estado de ánimo, molesto sin duda alguna, mediante un detallado escrutinio de sus tarjetas de identificación, comencé a relatar mi historia. Vi que en sus rostros se reflejaba una creciente preocupación. Al final de mi relato, me explicaron que el comportamiento de Rogovin no podía ser de ninguna manera el que correspondía a un empleado de «la Agencia». Se mostraron muy preocupados por mi relato, particularmente a causa de la «mala prensa» que estaban sufriendo después de lo de la Bahía de los Cochinos. Harían todo lo posible por arreglar las cosas, si yo no molestaba a la Agencia dando más publicidad a la historia en cuestión. Acepté guardar silencio durante un tiempo, y los dos hombres abandonaron mi despacho.

Una semana más tarde me llamaron por teléfono:

–Doctor Sagan, soy el señor Smith, el que estuvo charlando con usted en su despacho la semana pasada. ¿Recuerda el asunto que entonces tratamos?

Sospeché que el teléfono también esta vez se hallaba intervenido.

–Hemos podido establecer que la parte en cuestión –¿sabe a quién me refiero?– no trabaja para nosotros; bien, para nuestra organización, con ese nombre. Desde luego, estamos buscando otros nombres y le iremos a ver tan pronto como podamos.

Les había costado una semana estudiar la nómina personal de la CÍA. O la nómina era muy larga o muy secreta.

Algunos días más tarde, y empleando un lenguaje igualmente velado, me llamaron y me dijeron –en un tono de voz que parecía reflejar suma preocupación– que Igor Rogovin no trabajaba para la CÍA con ningún otro nombre y que, en tales circunstancias, naturalmente sentían mucha curiosidad por saber para quién lo hacía.

Transcurrió otra semana. Entonces la CÍA deseó hablar conmigo de nuevo en mi despacho. Llegaron los dos caballeros que ya me habían visitado anteriormente y, una vez más, me enseñaron las dos tarjetas de identificación firmadas por John McCone. Me informaron que, tras fatigosas investigaciones, habían descubierto que Igor Rogovin era en realidad un agente del Servicio Secreto de las Fuerzas Aéreas. De nuevo me aseguraron que ningún representante de su Agencia se hubiese comportado de tal manera, y acto seguido, se fueron. Lo que sí quedaba claramente establecido era que a la CÍA le había costado dos semanas determinar la personalidad de un miembro de una organización paralela de un Departamento de Información de los Estados Unidos.

La historia tiene una continuación. Un año o dos más tarde, se reunía en Florencia, Italia, la organización internacional espacial COSPAR. Como espléndido regalo a tales reuniones, se abrió la Galería Uffizi una tarde, especialmente para que pudieran verla las delegaciones COSPAR de varias naciones. Tenía que darse la

casualidad de que yo estuviera con Alexandr Alexandrovich Imshenetski cuando entramos en una sala enorme aparentemente desierta, pero inundada de Botticelli. Y allí, en el otro extremo de la galería había una figura humana que se distinguía con cierta dificultad. Noté cómo Imshenetski se envaraba. Forzando un tanto los ojos, pude ver el rostro de Igor Rogovin, rostro disfrazado con poblada barba. Sin duda viajaba de incógnito. Imshenetski se inclinó hacia mí y musitó:

—¿No es ése el individuo que estuvo con nosotros en Los Ángeles?

Cuando asentí con un movimiento de cabeza, Imshenetski murmuró:

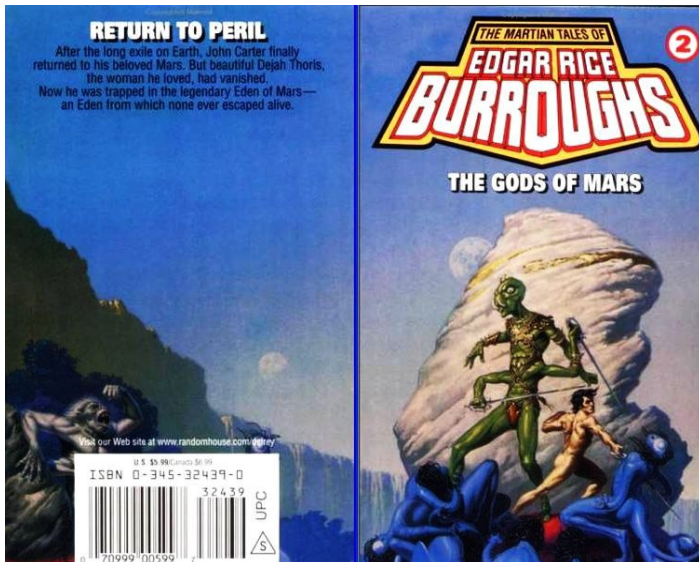
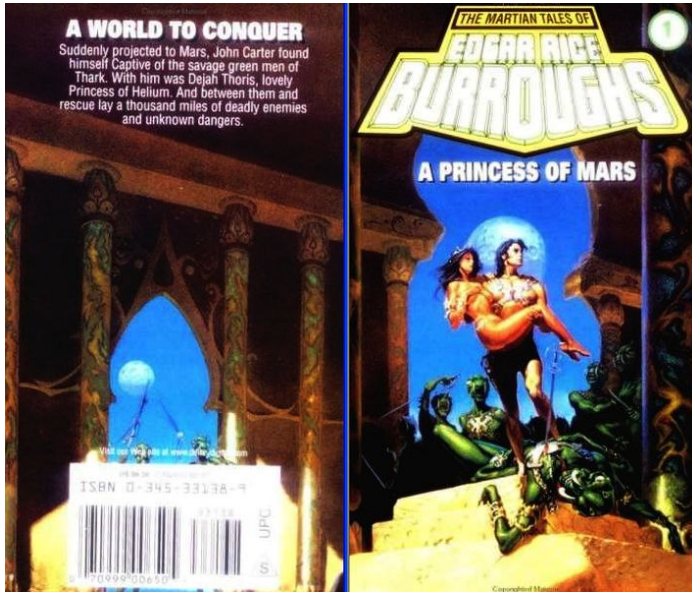
—¡Estúpido individuo!

El hecho de que Rogovin trabajara para el Servicio de Información de las Fuerzas Aéreas, mirando ahora al pasado, no era nada sorprendente, puesto que el general Doppelganger me había invitado a Los Angeles. Pero si es muy sorprendente que las Fuerzas Aéreas se sintieran interesadas por los planes soviéticos en lo que se refería a la detección de vida en otros planetas y a la esterilización de naves espaciales. Y el hecho de que los Servicios de Información americanos intentaran emplear a inocentes y jóvenes científicos (yo tenía entonces veintisiete años y políticamente era aséptico) para llevar a cabo tales propósitos, es realmente sorprendente. Al menos, a mí me asombra.

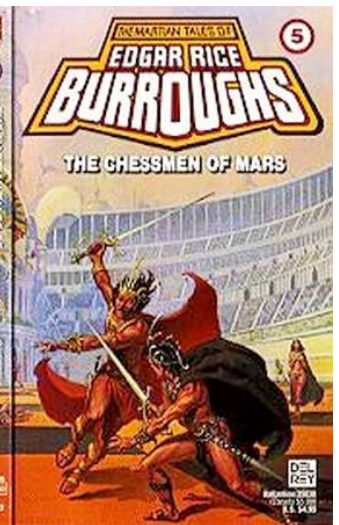
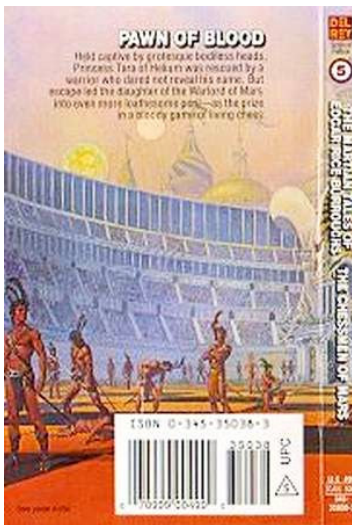
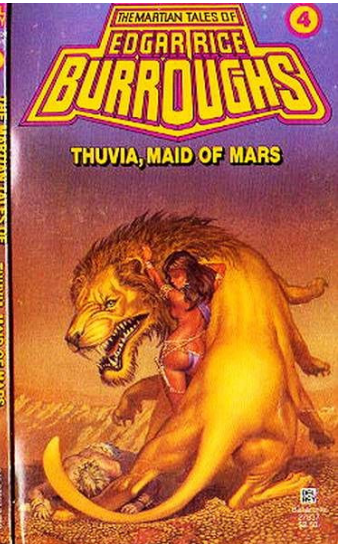
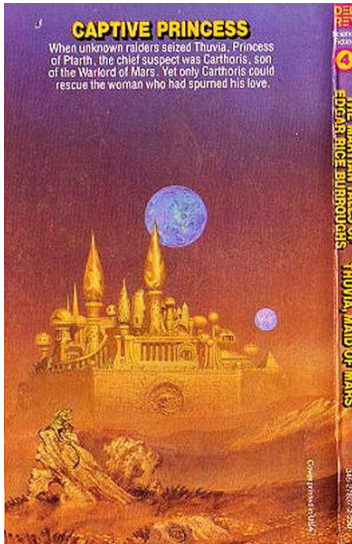
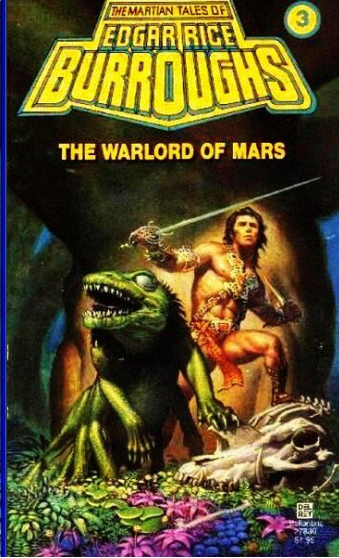
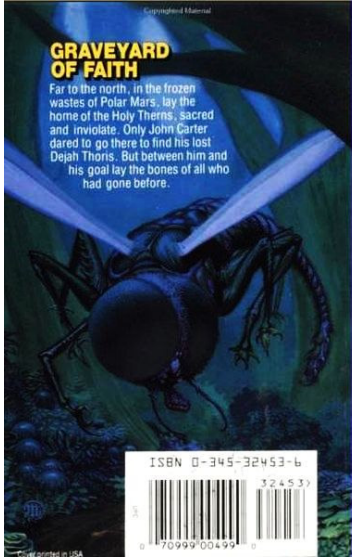
Hay otras muchas historias en las que están implicadas las organizaciones de espionaje soviéticas y americanas. El efecto general de tales incidentes es disminuir la verosimilitud del intercambio científico entre los expertos de diferentes países. Tales intercambios son sumamente necesarios en una época en la que existe el peligro de una hecatombe nuclear y en la cual los científicos tienen acceso a lugares muy cercanos a los políticos que están en el poder. El hecho de que tales actividades de espionaje se practiquen de forma enteramente regular e invariable por parte soviética no debilita, en mi opinión, este razonamiento. La intromisión del espionaje en los intercambios científicos internacionales de esta clase es, sea cual fuere su objetivo final, poco o nada inteligente.

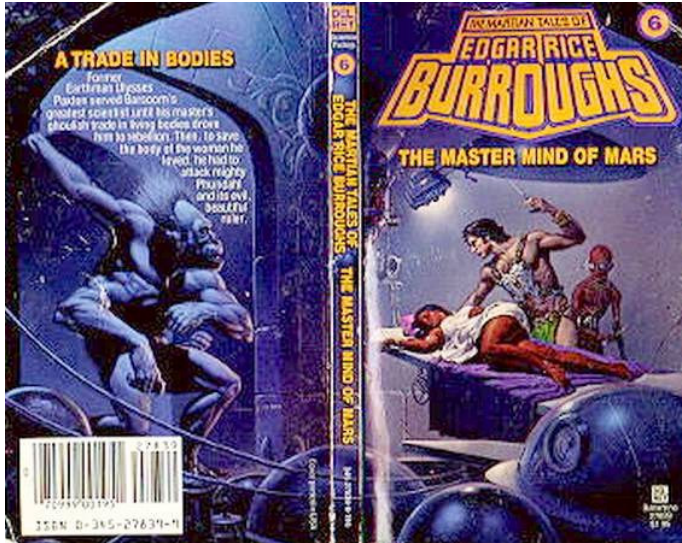
## 15. Las lunas de Barsoom

Durante mi adolescencia tuve la suerte de tropezar con una serie de novelas ampulosamente escritas con títulos como: *Thuvia, maid of Mars*, *The chessman of Mars*, *The princess of Mars*, *The warlords of Mars*, y así sucesivamente. Ni que decir tiene, se trataba de novelas sobre Marte. Pero no acerca de nuestro Marte, el Marte revelado por el *Mariner 9*.



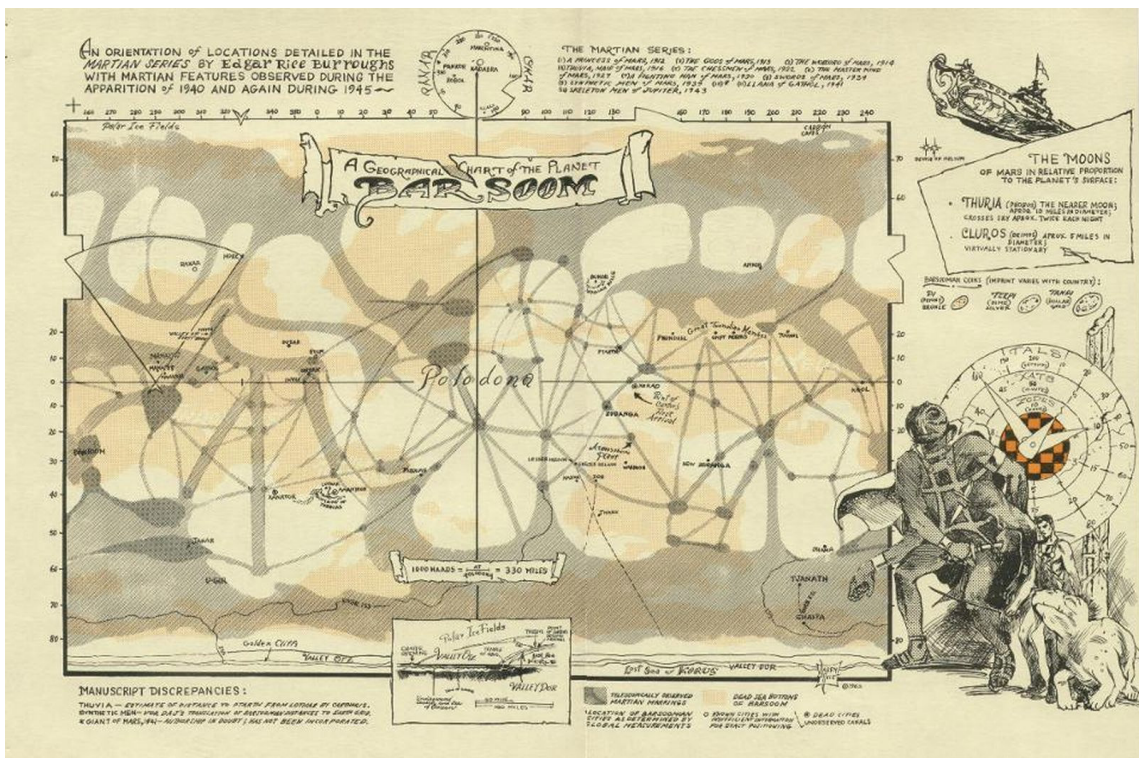






Portadas de los primeros seis libros de la serie de Edgar Rice Burroughs sobre *Barsoom*.

Por lo menos, no creo que nuestro Marte sea como el de estas novelas escritas por Edgar Rice Burroughs, el creador de *Tarzán*. Su Marte era el de Percival Lowell, un planeta de antiguos fondos marinos, canales y estaciones de bombeo, bestias con seis patas y hombres (algunos sin cabeza) de todos los colores, incluyendo el verde. Tenían nombres como Tars Tarkas.



Mapa de Barsoom de Larry Ivie que apareció en *The readers guide to Barsoom and Amtor*.

Probablemente, la hipótesis más notable propuesta por Burroughs en estas novelas era que los seres humanos y los habitantes de Marte podían tener descendencia, prole, proposición biológicamente imposible si los marcianos y nosotros tenemos orígenes biológicamente distantes. Burroughs escribió muy honestamente acerca de la interfertilidad de un virginiano, milagrosamente transportado a Marte, y de Dejah Thoris, la princesa de un reino con el improbable nombre de Helium. No tengo dudas de que el precedente de un reino llamado Helium condujera directamente al planeta llamado Kryptón, patria de *Superman*, el protagonista de una historieta para niños. Hay aquí una rica vena de material literario que aún no se ha explotado bastante. El futuro puede mostrar planetas, estrellas, o incluso galaxias completas, llamadas Neón, Argón, Xenón, y Radón, gases nobles.

Pero el nombre ideado por Burroughs, que a través de los años me ha obsesionado, es el que imaginó que los marcianos dieron a Marte: *Barsoom*. Y fue una frase suya más que ninguna otra cosa la que se grabó en mi pensamiento:

«*Las violentas lunas de Barsoom.*»

Pues, sin duda, Marte es un mundo con dos lunas, situación que parecería completamente natural para los habitantes de dicho planeta como para nosotros lo es contar con una sola Luna. Sabemos cómo se presenta nuestro solitario satélite a simple vista desde la superficie de la Tierra. Pero, desde la superficie de Marte, ¿qué aspecto tienen las lunas de Barsoom? Esta pregunta que, de vez en cuando, me preocupaba en mi adolescencia, no iba a tener respuesta hasta el año 1971 y el viaje del *Mariner 9*.

Las lunas de Marte fueron creación de Johannes Kepler, el descubridor de las leyes del movimiento planetario y hombre de escasa talla intelectual. Pero vivió en el siglo XVI, en un clima intelectual muy diferente del actual. Confeccionaba horóscopos para poder comer; la astronomía era su pasión más que su ocupación. Su madre fue juzgada y condenada por bruja. Cuando Kepler se enteró del descubrimiento de Galileo, con uno de los primeros telescopios astronómicos, de las cuatro grandes lunas de Júpiter, él inmediatamente concluyó que Marte tenía dos lunas. ¿Por qué? Porque Marte se hallaba a una distancia intermedia del Sol, entre la Tierra y Júpiter. Sin duda, parecía evidente que debía poseer un número intermedio de lunas. Las observaciones parecían demostrar que Venus carecía de lunas, la Tierra contaba con una y Júpiter con cuatro (el verdadero número que hoy día conocemos es de doce). Kepler pudo haber deducido dos o tres lunas para Marte, pero la pasión de toda una vida por las progresiones geométricas le llevó a elegir dos. El razonamiento, por supuesto, es falso. Las diez lunas de Saturno, las cinco de Urano y las dos de Neptuno no encajan en este esquema, que no es científico, sino más bien estético.

Pero el prestigio de Kepler era inmenso, particularmente después de que las leyes del movimiento planetario se derivasen de la teoría de la gravitación de Isaac Newton; y así, las alusiones literarias a las dos lunas de Marte perduraron a lo largo de los siglos. En la un tanto larga historia corta de Voltaire, *Micromegas*, un ciudadano de la estrella Sirio se da cuenta, por casualidad, cuando viajaba por nuestro Sistema Solar, de que Marte tenía dos lunas. Hay una referencia más famosa a las dos lunas marcianas en la sátira de Jonathan Swift de 1726, *Viajes de Gulliver*, no en las partes de los liliputienses, ni en la de los gigantes o en la de los

caballos inteligentes, sino en la menos leída de todas, la que se refiere a la isla flotante y aérea de Laputa. El episodio es, sin duda, una crítica descaradamente razonada de las tensas relaciones hispano-británicas en la época de Swift, porque *la puta* es una palabra española que equivale a prostituta. Las metáforas políticas son oscuras, al menos para mí. De todos modos, Swift anuncia casualmente que los astrónomos de Laputa han descubierto dos lunas de Marte, las cuales poseen rápidos movimientos y han proporcionado información sobre su distancia a Marte y sus períodos de traslación alrededor de Marte, información que es incorrecta, pero que es inteligente como intuición. Existen toda una serie de publicaciones sobre cómo era posible que Swift conociera las lunas de Marte, incluyendo la sugerencia de que Swift era marciano. Sin embargo, las pruebas demuestran que Swift no era marciano y que su conocimiento sobre las dos lunas, sin duda, puede deberse a las especulaciones de Kepler.

El verdadero descubrimiento de las dos lunas de Marte se hizo desde las afueras de Washington D.C., en 1877. El Observatorio Naval de los Estados Unidos acababa de terminar un gran telescopio refractor. El astrónomo del observatorio, Asaph Hall, intentó averiguar si las lunas de Marte, ensalzadas en canciones y en la literatura, existían realmente. Sus primeras noches de observación constituyeron un fracaso, y de mal humor incluso anunció a su esposa que se proponía abandonar la búsqueda. La señora Hall no admitió esto y animó a su marido a que trabajara unas cuantas noches más con el telescopio, hasta que el hombre tuvo a su alcance los satélites marcianos. Durante un corto período de tiempo pensó que había hallado tres satélites, porque el interior se movía tan rápidamente que en una noche le vio a un lado de Marte y a la noche siguiente en el otro. Hall bautizó a las lunas con los nombres de Fobos y Deimos, como los caballos que arrastraban la cuadriga del dios de la guerra en la mitología griega; significan, respectivamente, temor y terror. (Los adjetivos adecuados implican algunos problemas: ¿Hablamos de órbitas fóbicas y de noches deimónicas?) Si algún día se descubre otra luna de Marte, espero que se la bautice con un nombre menos feroz y más optimista, como, por ejemplo, «Paz».

También confío en que cuando se fijan definitivamente las características de Fobos y Deimos por parte de la Unión Astronómica Internacional, una de ellas se llame como la señora Hall. Pero como la otra seguramente será llamada como Asaph Hall, tendremos un problema: dos cráteres llamados Hall serían algo perturbador. En una charla que di en Harvard, sobre astronomía comenté que el problema se resolvería si conociésemos el nombre de soltera de la señora Hall. Mi amigo Owen Gingerich, profesor de Historia de la Ciencia en Harvard, inmediatamente se puso en pie replicando: «Angelina Stickney» Así pues, cuando llegue el momento, espero que habrá un «Stickney» en una de las lunas de Barsoom.

El subsiguiente estudio de Fobos y Deimos llevado a cabo entre 1877 y 1971 tiene una curiosa historia. Las lunas de Marte son tan pequeñas que aparecen, incluso contempladas con los mejores telescopios, como simples puntos de luz. Son excesivamente pequeñas para haber sido observadas con los telescopios anteriores a 1877. Sus órbitas pueden calcularse anotando sus posiciones en varios tiempos. En 1944, en el Observatorio Naval de los Estados Unidos (donde sin duda debió desarrollarse un comprensible interés por Fobos y Deimos), B. P. Sharpless reunió todas las observaciones que tenía a su disposición por entonces para determinar las órbitas con la mayor precisión. Halló –sin duda con enorme sorpresa– que la órbita

de Fobos parecía decaer en lo que los astrónomos llamaban aceleración secular. En largos períodos de tiempo, el satélite parecía estar aproximándose cada vez más a Marte, a la vez que se movía también mucho más rápidamente. Este fenómeno nos es muy familiar hoy día. Las órbitas de los satélites artificiales decaen durante todo el tiempo en la atmósfera de la Tierra. Inicialmente se reducen a causa de las colisiones con las difusas capas superiores de la atmósfera de la Tierra, pero mediante las leyes de Kepler el resultado neto es un movimiento más rápido.

La conclusión de Sharpless, de una secular aceleración para Fobos, continuó siendo una curiosidad sin explicar y casi sin examinar, hasta que alrededor de 1960 la tuvo en cuenta el astrofísico soviético I. S. Shklovskii. Éste pensó en una amplia gama de hipótesis en cuanto se refería a la aceleración secular, entre ellas la influencia del Sol, la de un campo magnético de Marte y la de la gravedad de este planeta. Halló que ninguna de estas hipótesis encajaba con exactitud. Entonces volvió a considerar la posibilidad del arrastre atmosférico. En los días anteriores a la investigación de Marte con naves espaciales, se conocía escasa e indirectamente el tamaño exacto de los satélites marcianos, pero se sabía que Fobos tenía unos 20 km de diámetro. La altitud de Fobos sobre la superficie de Marte también se conocía. Shklovskii y otros antes que él descubrieron que la densidad de la atmósfera marciana era demasiado baja para producir el arrastre indicado por Sharpless. Fue precisamente en este momento cuando Shklovskii hizo una audaz y brillante suposición.

Todos los cálculos efectuados para demostrar que no existía arrastre atmosférico habían presupuesto que Fobos era un objeto de densidad corriente. Pero, ¿y si su densidad era muy baja? A pesar de su enorme tamaño, entonces su masa sería muy pequeña, y su órbita podría resultar afectada por la enrarecida superior atmósfera marciana.

Shklovskii calculó la precisa densidad de Fobos y halló un valor que alcanzaba a una milésima parte de la densidad del agua. Ningún objeto natural o sustancia tiene una densidad tan baja; hay una madera que tiene la mitad de la densidad del agua. Así pues, con densidad tan baja sólo quedaba una conclusión posible: Fobos tenía que estar hueco. Un objeto enorme y hueco, con 20 km de diámetro, no podía crearse mediante procesos naturales. Por tanto, Shklovskii concluyó que había sido creado por una avanzada civilización marciana. Indudablemente, un satélite artificial de 20 km de diámetro requiere una tecnología mucho más avanzada que la nuestra.

Como no había señales de tal civilización avanzada en Marte, Shklovskii supuso que Fobos –y posiblemente Deimos– habían sido lanzados al espacio en un lejanísimo pasado por una desaparecida civilización marciana. (El lector que se sienta interesado por este tema hallará más detalles de este notable razonamiento de Shklovskii en el libro *Vida inteligente en el Universo*, escrito en colaboración por Shklovskii y por mí [San Francisco, Holden-Day, 1966; New York, Delta Books, 1967].) A continuación de los primeros trabajos de Shklovskii sobre el tema, los movimientos de las lunas de Marte fueron examinados en Inglaterra por G. A. Wilkins, quien manifestó que era probable no existiera aceleración secular. Pero no podía estar seguro.

La extraordinaria sugerencia de Shklovskii en el sentido de que las lunas de Marte podrían ser artificiales es una de las tres hipótesis que hay sobre su origen. Las otras dos –interesantes por derecho propio, pero sin duda muy inexpresivas en

comparación con la hipótesis de Shklovskii— son: 1) que las lunas son asteroides capturados, o 2) que son una especie de restos que quedaron allí cuando se formó Marte. Los asteroides son pedazos de roca y metal que giran alrededor del Sol entre las órbitas de Marte y Júpiter. No es probable, aunque teóricamente posible, que sean escenarios en los cuales la gravedad de Marte pueda capturar a un asteroide que pase a su alcance.

En la hipótesis de «restos marcianos» se considera que trozos de roca de diversos tamaños se unieron para formar Marte; que la última generación de tales piezas produjo los enormes y antiguos cráteres sobre Marte, y que Fobos y Deimos son, por casualidad, los únicos restos que aún perduran de la primitiva historia catastrófica de Marte.

Es evidente que el hecho de confirmar alguna de estas hipótesis, cualquiera de las tres, sobre el origen de las lunas de Marte, sería un logro de suma importancia científica.

La misión del *Mariner* sobre Marte, en 1971, en la cual tuve el placer de trabajar, en principio implicaba el empleo de dos naves espaciales, el *Mariner 8* y el *Mariner 9*. Iban a situarse en órbitas diferentes también con distintos propósitos en el estudio de Marte. Cuando finalmente hubo acuerdo acerca de estas órbitas me percaté de que no estaban lo suficientemente lejos de las órbitas de Fobos y Deimos. También me pareció que las observaciones realizadas por televisión y con otros medios sobre Fobos y Deimos, por la nave espacial *Mariner*, podrían permitirnos determinar parte de su origen y naturaleza. Por tanto, solicité permiso a los funcionarios de la NASA que organizaban y dirigían la misión, para programar observaciones de Fobos y Deimos. Aun cuando los directores de la misión en el Jet Propulsion Laboratory, verdadera organización operativa, no se mostraran muy contrarios a la idea, algunos funcionarios de la NASA se oponían a ella. Por supuesto, existía un plan de la misión escrito en un grueso libro donde se determinaba taxativamente lo que harían los *Mariner 8* y *9*. Pero en dicho plan no se mencionaba para nada a Fobos y Deimos. Así pues, yo no podía mirar ni observar a Fobos ni a Deimos. Pura burocracia.

Indiqué que mi propuesta solamente requería mover las plataformas de registro en la nave espacial para que las cámaras pudiesen observar los satélites marcianos. La respuesta, una vez más, fue negativa. Poco tiempo después presenté otro documento en el que decía que, si Fobos y Deimos eran asteroides capturados, el hecho de examinarlos desde el *Mariner 9* equivalía a efectuar una misión casi o del todo gratuita en el cinturón de asteroides. La maniobra que les había propuesto en la plataforma de la nave espacial ahorraría a la NASA doscientos millones de dólares o así. En algunos círculos esta propuesta se consideró como más apremiante. Al cabo de un año y tras muchos cabildeos, se formó un grupo técnico y se hicieron proyectos para examinar Fobos y Deimos. El grupo que podríamos llamar de trabajo sobre astronomía de satélites, ante mis sugerencias, lo presidió el doctor James Pollack, antiguo alumno mío; pero uno de los signos que dio la NASA acerca de su mala disposición fue que el grupo se formó con posterioridad al lanzamiento del *Mariner 9* y sólo dos meses antes de su llegada a Marte. (Mientras tanto, había fallado el *Mariner 8*.) Cuando el *Mariner 9* llegó a Marte, encontramos un planeta casi enteramente obscurecido por el polvo. Puesto que en Marte había muy poco que observar, de repente estalló un insólito entusiasmo por examinar Fobos y

Deimos. El primer paso fue tomar fotografías desde cierta distancia con objeto de establecer con cierta precisión las órbitas y situaciones de las lunas. Esta tarea se cumplió de forma preliminar dos semanas después de que la nave espacial penetrara en la órbita marciana. El *Mariner 9* tiene un período orbital de aproximadamente doce horas, de manera que daba la vuelta a Marte dos veces al día.

Las fotografías que el *Mariner 9* envió por televisión a la Tierra fueron radiadas de forma muy parecida a como se envían en nuestro planeta fotografías de un continente a otro por cable. La fotografía está dividida en gran número de pequeños puntos (para el *Mariner 9*, varios centenares de miles), cada uno de los cuales con su propio brillo, o sombra o gris, desde el negro al blanco. Una vez que la nave espacial ha tomado la fotografía y allí se registra sobre cinta magnética se envía a la Tierra punto por punto. En efecto, la comunicación dice: Punto número 3277, nivel gris 65; punto número 3278, nivel gris 62, y así sucesivamente. La fotografía se «reúne» por medio de computadora en la Tierra, esencialmente siguiendo los puntos.

La primera fotografía de Fobos, un primer plano relativamente claro, se obtuvo en la revolución 31. A continuación se muestra una foto Polaroid de la imagen del videomonitor de Fobos en la revolución 31, recibida el día 30 de noviembre de 1971. Aun así la imagen es excesivamente borrosa como para poder llegar a conclusión alguna.



La primera imagen de Fobos vista desde el *Mariner 9*, sin procesar por computadora.

Ya tarde, aquella misma noche, el doctor Joseph Veverka, de Cornell, otro antiguo alumno mío, y yo, trabajamos durante la madrugada en el Image Processing Laboratory de JPL para conseguir –mediante técnicas de ampliación y contraste por computadora– todos los detalles que se pudiesen lograr de la imagen. El resultado se muestra a continuación. La forma es irregular. ¿Son cráteres esos manchones?



**La misma fotografía, pero ampliada por computadora y mostrando cráteres.**

Nuestra fotografía mejorada se construyó en el vídeo-monitor de la computadora, línea por línea y de arriba abajo. A medida que emergió gradualmente lo que parecía ser el mayor cráter, vimos un punto brillante en su centro; sólo por un momento tuve la sensación de que estábamos viendo una estrella a través de un enorme orificio en Fobos, o, aún más emocionante, que estábamos viendo una luz artificial. Pero cuando pedimos a la computadora que suprimiera todos los pequeños errores, el punto brillante desapareció.

En la revolución 34, el *Mariner 9* y Fobos se aproximaron mutuamente a menos de 8.000 km, uno de los mayores acercamientos en toda la misión. Por la noche, tarde, al recibir la fotografía, Veverka y yo nos pusimos a trabajar de nuevo con la computadora. Nuestros resultados fueron los que se muestran en la siguiente figura. No estoy seguro de cuál es el aspecto que presenta un satélite artificial de 20 km de diámetro, pero no parece, ser esto. Fobos más bien se parece a una patata podrida.



De hecho, está lleno de cráteres. Para que se hayan acumulado tantos cráteres en esa parte del sistema solar debe de ser muy viejo, probablemente de miles de millones de años. En su conjunto Fobos parece ser un fragmento natural de una roca mayor, terriblemente vapuleada por repetidas colisiones; allí se han abierto o excavado orificios y se le han arrancado trozos, como a golpes de hacha. En Fobos no hay señal alguna de tecnología. Fobos no es un satélite artificial. Cuando, mediante la misma labor realizada en la computadora, se ampliaron las fotos de Deimos ocurrió lo mismo, y así llegamos a la misma conclusión.



**Una imagen posterior, aunque mucho más detallada, de Fobos que muestra su verdadera Naturaleza.**

Fobos y Deimos son los primeros satélites de otro planeta que han sido fotografiados en primer plano. También se observaron mediante el espectrómetro ultravioleta y el radiómetro infrarrojo a bordo del *Mariner 9*. Pudimos determinar sus tamaños y formas y algo de su color. Son objetos extremadamente oscuros, más oscuros que el material más negro que haya en la habitación donde ahora mismo esté sentado el lector. Por supuesto, figuran ya entre los objetos más oscuros del Sistema Solar. Como hay tan pocos objetos con esta oscuridad en cualquier otra parte, esperamos poder llegar a saber algo sobre su composición. Ambos están cubiertos al menos por finas capas de material muy pulverizado. Proporcionan importantes indicios en cuanto se refiere a procesos de colisión en el Sistema Solar inicial. Creo que estamos contemplando al producto final de una especie de selección de colisión natural, en la cual se han separado fragmentos de un cuerpo principal mayor y estamos viendo únicamente esos dos trozos que ahí quedan y que son Fobos y Deimos. Las lunas de Marte también son importantes calibradores de colisión para Marte. Probablemente, Fobos, Deimos y Marte estuvieron juntos en la misma parte del Sistema Solar durante un largo período de tiempo. El número de

cráteres, de un tamaño dado, que hay en Marte, es mucho menor, en general, que en Fobos o en Deimos, proporcionando así importante información acerca de procesos de erosión marciana, cosa que no existe en Fobos y Deimos, sin aire y sin agua.

Como ahora poseemos una buena información acerca del tamaño y forma de estos objetos, y como también contamos con buenas razones para pensar que ambos tienen densidades típicas de roca ordinaria, podemos calcular algo sobre lo que significaría encontrarnos, por ejemplo, en Fobos. En primer lugar, Marte a menos de 12.000 km de distancia llenaría aproximadamente la mitad del cielo de Fobos. La salida o alzamiento de Marte sería un acontecimiento espectacular. No sería mala idea la eventual construcción de un observatorio en Fobos para examinar Marte. Sabemos, por el *Mariner 9*, que Fobos y Deimos giran de la misma manera que lo hace nuestra Luna, siempre mostrando la misma cara a su planeta. Cuando Fobos está por encima del hemisferio diurno de Marte, la luz rojiza de este último sería suficiente para leer por la noche en Fobos.

Debido a su pequeño tamaño, Fobos y Deimos poseen aceleraciones de gravitación muy bajas. Sus gravedades no atraen con mucha fuerza. La de Fobos equivale tan sólo a una milésima parte de la de la Tierra. Si en la Tierra se da un salto de digamos 1 metro aproximadamente, ese mismo salto en Fobos alcanzaría una altura de alrededor de 800 metros. No se precisarían muchos saltos para circumnavegar Fobos. Podrían ser saltos en arco graciosos y lentos, que tardarían varios minutos en alcanzar el punto más elevado de la trayectoria de autopropulsión, para luego regresar delicadamente a la Tierra.

Aún más interesante sería, por ejemplo, jugar un partido de béisbol en Fobos. La velocidad necesaria para lanzar un objeto en órbita alrededor de Fobos es solamente de unos 40 km por hora. Un lanzador aficionado de béisbol podría fácilmente lanzar una pelota en órbita alrededor de Fobos. La velocidad de escape de Fobos es sólo de cerca de 60 km por hora, velocidad alcanzada fácilmente por los lanzadores profesionales de béisbol. Una pelota de béisbol que escapara de Fobos orbitaría alrededor de Marte, diminuta luna lanzada por el hombre. Si Fobos fuese perfectamente esférico, un astronauta solitario, aficionado al béisbol, podría inventar una curiosa versión, aunque algo perezosa, de este juego, ya de por sí un tanto perezoso. Primero, como *pitcher* o lanzador podría arrojar la pelota de lado, hacia el horizonte, a unos 50 km por hora. Entonces podría irse a casa a almorzar, porque la pelota tardaría un par de horas en dar la vuelta a Fobos. Después de almorzar, tomaría el bate, caminaría en dirección opuesta a la del lanzamiento, y esperaría a la pelota lanzada dos horas antes. Aparte del hecho de que los buenos lanzadores rara vez son buenos con el bate, pegar a este lanzamiento sería cosa muy fácil. Como la luz del día en Fobos sólo dura cuatro horas, todo el juego tendría que modificarse para poder jugar durante ese corto período de luz.

Probablemente, estas posibilidades deportivas dentro de uno o dos siglos, sean industria turística para Fobos y Deimos. Pero el béisbol, en Fobos, sería un curioso entretenimiento, que asimismo podría disfrutarse casi en idénticas circunstancias en la Luna. Sin embargo el interés científico por las lunas de Marte —ya sean asteroides capturados o restos de la formación del planeta— es inmenso. Más pronto o más tarde, por supuesto en una escala de siglos, habrá instrumentos que permitan al

hombre sobre la superficie de Fobos contemplar con asombro al inmenso planeta rojo que llena el horizonte casi por completo.

¿Y qué decir del panorama opuesto? ¿Qué aspecto pueden tener las lunas de Barsoom vistas desde la superficie de Marte? Como Fobos está tan cerca de Marte, se vería como un disco clarísimo, aunque es un objeto diminuto. De hecho, Fobos aparecería en el espacio con el tamaño aproximado de la mitad de nuestra Luna contemplada desde la Tierra. Sabemos, por el *Mariner 9*, que tan sólo un lado de Fobos es visible desde Marte, al igual que nos ocurre en la Tierra con la Luna. Esa cara de Fobos es, aproximadamente, la que se muestra en la segunda imagen de dicho satélite. Hasta que se llevó a cabo el viaje del *Mariner 9*, nadie –excepto los marcianos, si los hay– ha visto jamás esa cara.

Por otra parte, como Fobos está tan cerca de Marte, las leyes de Kepler le impulsan a moverse con rapidez comparativa alrededor del planeta. Efectúa aproximadamente dos órbitas y media alrededor de Marte en 24 horas. Por otra parte Deimos tarda treinta horas y dieciocho minutos en terminar su órbita alrededor de Marte. Ambas lunas giran en sus órbitas en la misma dirección o sentido que Marte efectúa la rotación sobre su eje. Así, Deimos sale por el Este y se pone en el Oeste, como debe hacerlo todo buen satélite que se juzgue a sí mismo como tal. Pero Fobos lo hace una vez alrededor de su órbita en menos tiempo de lo que tarda Marte en su giro. En consecuencia, Fobos sale por el Oeste y se pone por el Este, tardando cinco horas y media en pasar de un horizonte a otro. Éste no es, exactamente, un movimiento violento –el movimiento no sería fácilmente perceptible contra el campo de estrellas durante un minuto de contemplación–, pero tampoco es lento. Habrá algunas noches en el ecuador de Marte, cuando Fobos se ponga por el Este durante la puesta de Sol y luego salga por el Oeste mucho antes del amanecer.

Fobos está tan cerca del plano ecuatorial de Marte que resulta completamente invisible desde las regiones polares del planeta. Si fuésemos a imaginar la presencia de seres inteligentes en Marte, la astronomía sería competencia de las sociedades ecuatoriales y no de las de las altas latitudes. No estoy seguro de si Helium era un reino ecuatorial.

Freud dice, en alguna parte, que los únicos hombres felices son aquellos que han hecho realidad los sueños de su juventud. Yo no puedo decir que sea éste mi caso del todo, pero jamás olvidaré aquellas tempranas horas, en un frío noviembre californiano, cuando Joe Veverka, técnico de la JPL y yo, fuimos los primeros seres humanos que vimos la cara de Fobos.

El Estado de California fue lo suficientemente amable como para concederme una matrícula automovilística rotulada con el nombre de «PHOBOS». Mi coche no es demasiado perezoso o lento, pero tampoco es capaz de girar alrededor de nuestro planeta dos veces al día. La matrícula me agrada. Hubiese preferido «BARSOOM», pero en California existe un límite de seis letras para las matrículas de los automóviles.

## 16. Las montañas de Marte - 1. Observaciones desde la Tierra



**Mapa topográfico, basado en estudios de radar, de elevaciones y altitudes medias de Marte. Laboratorio de Estudios Planetarios, Cornell University.**

Las montañas de la Tierra son el producto de épocas en las cuales ocurrieron grandes catástrofes geológicas. Se cree que las mayores cadenas montañosas se produjeron por la colisión de enormes bloques continentales durante su deriva. El movimiento de los continentes acercándose y separándose unos de otros, aproximadamente a unos dos centímetros por año nos parecerá, sin duda, sumamente lento. Pero como la Tierra tiene miles de millones de años de antigüedad, se dispuso de mucho tiempo para que los continentes chocasen en todo nuestro planeta.

Las montañas más pequeñas se deben a fenómenos volcánicos. La roca fundida y ardiente, llamada lava, asciende a través de tuberías situadas en las capas superiores de la Tierra –tuberías, por llamarlas de alguna manera, de débil estructura a través de las cuales se alivia y libera la presión inferior– y producen enormes pilas de escoria volcánica que se enfrían. El orificio abierto en la cima del

volcán –los geólogos le llaman caldera de la cumbre– es el conducto a través del cual se producen sucesivas erupciones de lava. En la caldera de la cima o cumbre de un volcán en actividad, como, por ejemplo, en Hawai, podemos ver auténtica lava fundida. Estas montañas volcánicas individuales y cadenas montañosas o cordilleras, que son realmente entidades separadas, constituyen muestras de que existe una Tierra vigorosa y dinámica.

¿Y qué hay de Marte? Es un planeta más pequeño que la Tierra; su presión central y temperaturas también son inferiores; posee, asimismo, un promedio de densidad inferior al de la Tierra. Estas circunstancias parecen combinarse para sugerir que Marte debe ser menos activo geológicamente que la Tierra y la Luna. Pero incluso en la Luna, objeto mucho más pequeño que Marte, con temperaturas internas inferiores a las de este planeta, al parecer existe una actividad volcánica tal y como lo han descubierto las misiones Apolo. Aún hoy no comprendemos la conexión que pueda haber entre el tamaño y estructura de un planeta y la presencia de montañas y actividad volcánica, aunque sabemos que en la Luna no hay importantes cordilleras.

Nuestra actual ignorancia sobre este tema, por supuesto, casi deja de ser tal comparada con la ignorancia de los primeros astrónomos planetarios, quienes hace menos de un siglo contemplaban el firmamento mediante pequeños telescopios tratando de averiguar a qué distancia se hallaba Marte. Uno de los primeros astrónomos que se preocupó por el tema de las montañas de Marte, fue Percival Lowell. Éste creía (véase el Capítulo 18) haber hallado pruebas de la existencia de una extensa red de líneas rectas que cruzaban la superficie marciana con notable regularidad y dirección, y que sólo habían podido ser producidas por una raza de seres inteligentes en aquel planeta. Creía que estos «canales» transportaban agua.

Ahora sabemos que el problema o, más bien, sus conclusiones obedecían más a su lógica personal que a sus observaciones; ninguno de los *Mariner* ni tampoco otras recientes observaciones de Marte han demostrado la existencia de tales canales lowellianos.

En la última década del pasado siglo, Lowell sugirió que Marte no debía tener montañas, porque éstas serían un grave obstáculo para la construcción de canales. Pero seguramente una raza que podía construir tan enorme red de canales también podría suprimir o evitar una montaña mal situada.

Sin embargo, Lowell se hallaba entre los primeros astrónomos en aplicar auténticas pruebas de observación al problema de la existencia de montañas en Marte. Miró más allá del límite de iluminación. Este límite de iluminación es la línea –aguda o, más bien, algodonosa, dependiendo siempre de la ausencia o presencia de una atmósfera planetaria– que separa el día de la parte nocturna de un planeta. El límite de iluminación se mueve alrededor del planeta una vez al día –el día planetario local–, pero si hay montañas en el lado oscuro del límite de iluminación, las montañas recibirán los rayos del Sol poniente cuando sus valles adyacentes estén sumidos en la obscuridad. Galileo empleó primero esta técnica para descubrir lo que él llamó las montañas de la Luna, aunque las montañas lunares son principalmente enormes fragmentos de piedra que cayeron del cielo en las fases finales de la formación de la Luna más que montañas del tipo terrestre, que, como ya hemos dicho, se produjeron debido a una actividad geológica interior.

Lowell y sus colaboradores hallaron casos de brillantes proyecciones más allá del límite de iluminación, producidas por los rayos del Sol poniente. Pero cuando calcularon sus altitudes –tarea fácil para cualquier experto en geometría a nivel de segunda enseñanza– se encontraron con que tales montañas medían decenas, muchas decenas de miles de metros de altura. Tales elevaciones en Marte le parecieron absurdas a causa de su teoría de los canales. Además, al día siguiente – el día en Marte tiene exactamente igual duración que en la Tierra– cuando tal característica se observó nuevamente, su posición había cambiado. Este proceder o comportamiento es muy característico en montañas de cualquier origen, y Lowell llegó a la correcta conclusión de que había visto tormentas de polvo durante las cuales las finas partículas de la superficie marciana habían ascendido a muchísimos miles de metros en la atmósfera de Marte.

Tales tormentas de polvo también se observan cuando contemplamos a través del telescopio la parte iluminada de Marte. Algunas veces vemos que la configuración característica de marcas brillantes y oscuras en el planeta se oscurece temporalmente. Hay una intrusión de materia brillante en la zona oscura seguida de una reaparición de la antigua configuración. Estos cambios se interpretaron en la época de Lowell como tormentas de polvo que estallaban en las zonas iluminadas, oscureciendo todavía más las ya oscuras áreas adyacentes. La interpretación actual, basada en las detalladas observaciones de largo alcance del *Mariner 9*, confirman este punto de vista (véase el Capítulo 19).

Lowell y sus contemporáneos denominaron a las áreas brillantes «desiertos», y esto también parece ser exacto. Los lowelianos se preocuparon por el problema de si tales zonas brillantes o iluminadas tendían a estar más altas o más bajas que las zonas oscuras, aunque se esperaba que la diferencia de esta elevación fuese extremadamente pequeña. Una zona oscura vista en el limbo iluminado o borde del planeta parecía ser una muesca o depresión; pero esto podía entenderse simplemente en términos de la obscuridad de la zona oscura: si estuviese oscura contra un cielo oscuro no la veríamos en absoluto. Podríamos obtener la impresión errónea de que se trataba de una muesca o depresión. La opinión predominante entre los astrónomos parece haber sido que las zonas oscuras estaban ligeramente más bajas que las brillantes o iluminadas, pero esta diferencia fue calculada por Lowell como de sólo un kilómetro o menos. En 1966 volví a examinar este problema con el doctor James Pollack. Recurrimos a dos principales argumentos. Marte tiene en su hemisferio de invierno un gran casquete polar que, de vez en cuando, se ha atribuido a la presencia de agua congelada o anhídrido carbónico helado. Incluso en la actualidad se ignora su composición. Probablemente se hallen presentes ambas sustancias. Cuando el casquete polar se retira en cada hemisferio una vez al año, hay regiones donde queda hielo atrás. Más tarde, cuando el hielo abandona estas zonas, resultan mucho más brillantes que sus alrededores. Por analogía con la Tierra, podríamos suponer que sean zonas montañosas que permanecen heladas cuando se han fundido o evaporado las nieves de los valles. Y, desde luego, una región polar marciana –las llamadas montañas de Mitchell– se ha identificado como montañosa sólo mediante este razonamiento.

Pero, ¿Por qué las montañas terrestres son los últimos lugares que quedan libres de nieve? Porque a medida que ascendemos hace más frío, como saben todos los montañeros. Pero, ¿por qué la temperatura se va haciendo cada vez más fría a

medida que ascendemos? ¿Acaso pueden aplicarse a Marte estos razonamientos que en la Tierra hacen que las cimas de las montañas sean más frías que sus bases?

Llegamos a la conclusión de que todos los sectores que en la Tierra hacen que el frío sea más intenso a medida que ascendemos, no se podían aplicar a Marte en modo alguno, principalmente porque en Marte la atmósfera está muy enrarecida. Pero los vientos, en Marte, deben ser más fuertes en las cimas de las montañas que en los valles, al igual que en la Tierra. Ésta no es una conclusión por analogía, sino que se basa en la física idónea. Por tanto, imaginemos que los fuertes vientos barren la nieve en las cimas de las montañas marcianas y que las zonas brillantes que retienen el hielo, en Marte, son o están, por consiguiente más bajas.

Nuestra segunda línea de ataque se basó en las observaciones de Marte hechas por radar, las cuales se iniciaron a mediados de 1960. Había una prueba que inmediatamente nos llamó la atención. Cuando la pequeña parte central de la señal del radar se situaba directamente sobre una zona oscura de Marte, únicamente regresaba a la Tierra una fracción muy pequeña de la señal del radar. Pero cuando una zona brillante y adyacente, a un lado u otro de esta región oscura, se situaba bajo el centro de la señal del radar, el reflejo era mucho más fuerte. Esto podía entenderse si la zona oscura era mucho más alta o mucho más baja que la zona brillante adyacente. A juzgar por esta preliminar prueba de radar, concluimos que ya se tratara de una u otra de estas dos alternativas, las zonas oscuras tenían que hallarse sistemáticamente altas en Marte. Llegamos a la conclusión de que existían en Marte grandes diferencias de elevaciones, en algunos casos hasta 18 km entre zonas oscuras y brillantes. Las laderas sólo mostraban unos pocos grados de inclinación, y tanto las diferencias de elevación como las laderas se podían comparar con las de la Tierra, aunque las elevaciones parecían ser mayores que aquí. La noción de que los desiertos generalmente eran tierras bajas pareció ser compatible con la noción de que en los valles bajos la fina arena y el polvo se acumulaban, mientras que en las cimas de las montañas –donde los vientos eran más fuertes– no había ninguna partícula pequeña, brillante, o fina.

En los pocos años que siguieron a nuestro análisis, se hicieron estudios de radar más detallados, principalmente por un grupo de científicos en el Haystack Observatory, del Instituto de Tecnología de Massachusetts, dirigido por el profesor Gordon Pettengill. Por primera vez fue posible realizar medidas de altitud mediante radar directo. En lugar de emplear nuestros argumentos indirectos, la tecnología había alcanzado ya un punto en el cual era posible medir cuánto tardaba la señal de radar en llegar a Marte y regresar aquí. Aquellos lugares de Marte desde donde la señal de radar tardaba más en regresar se hallaban más lejos de nosotros, y, por tanto, más profundos. Aquellas regiones de Marte desde donde la señal de radar tardaba menos en regresar se hallaban más cerca de nosotros, y, por tanto, más elevadas. De esta manera se construyeron los primeros mapas topográficos de algunas regiones seleccionadas de Marte. Las máximas diferencias de elevación y las pendientes eran, aproximadamente, las que habíamos calculado nosotros con medios mucho más indirectos.

Pero las zonas oscuras no parecían ser sistemáticamente más altas que las iluminadas. Pettengill y sus colegas descubrieron que una región brillante de Marte

llamada Tharsis era muy alta, probablemente la región más alta localizada en el planeta. Una zona circular y brillante, marciana, llamada Helas, que en griego significa "Grecia", resultó que era muy baja a juzgar por las observaciones llevadas a cabo con posterioridad, sin radar. Sin embargo, otro lugar parecido, llamado Elysium, también grande y brillante, se descubrió que era alto. La zona marciana más oscura, Syrtis Major, resultó ser una pendiente escalonada.

¿Por qué Pollack y yo teníamos razón sólo parcialmente? Debido al llamado Occam's Razor, principio usado con frecuencia en el terreno de la ciencia, pero que no es infalible. El Occam's Razor recomienda que, cuando uno se enfrenta a dos hipótesis igualmente buenas, debemos elegir la más sencilla. Habíamos supuesto que las zonas oscuras eran, bien sistemáticamente altas o sistemáticamente bajas. Si éste fuera el caso, las zonas oscuras tenían que ser necesariamente altas. Pero éste no es el caso; las zonas oscuras pueden ser o altas o bajas. Nuestras conclusiones tan sólo reflejaron nuestras suposiciones.

Pero me siento muy complacido de que hayamos podido, mediante la lógica y la física, alcanzar parte de la verdad y demostrar que hay enormes diferencias de elevación en Marte, elevaciones muchísimo más grandes de lo que sospechó Lowell. Encuentro más difícil, pero más divertido, obtener la respuesta correcta mediante razonamiento indirecto y antes de que todas las pruebas estén en el bolsillo. Es lo que hace un teórico en la ciencia. Pero las conclusiones a que se llegan de esta forma son, evidentemente, más arriesgadas que las que se obtienen a través de una medida directa, hasta el punto de que la mayoría de los científicos se reservan sus juicios o criterios hasta que disponen de pruebas más directas y más seguras. La principal función de semejante tarea detectivesca –aparte de entretener al teórico– es, quizás, encolerizar y molestar a los «observadores», para que así se vean obligados, en plena furia de incredulidad, a poner en práctica medidas críticas.



## 17. Las montañas de Marte - 2. Observaciones desde el espacio



**Mosaico de cuatro fotografías, tomadas desde el *Mariner 9*, del mayor volcán conocido en el Sistema Solar, el Nix Olímpica, visto verticalmente desde arriba. Cortesía de la NASA.**

El épico vuelo del *Mariner 9* a Marte, en 1971, dio lugar a un nuevo conjunto de medidas directas y definitivas relacionadas con las montañas y elevaciones de Marte. Se han confeccionado algunos mapas de los terrenos elevados de Marte, mapas moderadamente completos, como resultado de los experimentos llevados a cabo por el *Mariner 9* con su espectrómetro ultravioleta, espectrómetro infrarrojo y otros instrumentos de enorme precisión. Pero la información más sorprendente acerca de las montañas de Marte se debe al experimento de la televisión.

Las primeras fotografías que el *Mariner 9* envió de Marte, obtenidas incluso antes de la inserción orbital el 14 de noviembre de 1971, mostraban un planeta casi sin rasgos característicos. Apenas se distinguía el casquete polar sur, pero las marcas oscuras y brillantes que se habían visto y debatido durante un siglo no se observaban por parte alguna. Esto no era un fallo de la cámara de televisión, sino más bien el resultado de una espectacular tormenta de polvo en todo el planeta, que se había iniciado a fines de septiembre y no cesaría hasta principios de enero.

Las primeras fotos preorbitales y los primeros días de fotografías orbitales tampoco mostraron significativos detalles excepto en la región de Tharsis. Aquí, había cuatro lugares oscuros y un tanto irregulares, tres de ellos situados en línea casi recta y extendiéndose desde el Nordeste al Sudoeste; el cuarto estaba alejado de ellos y hacia el Oeste. Por otra parte, como no había en el planeta nada más visible, dediqué alguna atención a estos lugares en las primeras fases de la misión, tanta atención que durante cierto tiempo fueron conocidos con el nombre de «Carl's Marks» por varios de mis ingeniosos compañeros de investigación. A mi vez, propuse llamarles Harpo, Groucho, Chico y Zeppo, pero todo esto ocurrió antes de que se estableciese su significado.

El lugar que aparecía aislado correspondía por su posición con la clásica característica marciana llamada Nix Olympica, en recuerdo de las Nieves del Olimpo, morada de los dioses. Los otros tres lugares no parecían corresponder a ningún rasgo característico o más familiar de la superficie de Marte. Pero Bradford Smith, astrónomo de la Universidad del Estado de Nuevo México, señaló que correspondían (como Nix Olympica) a lugares en Marte que muestran iluminación local a mediodía observados desde la Tierra. En algunas de las fotografías telescópicas de Smith, obtenidas con un filtro violeta azul y cuando no había tormentas de polvo en Marte, estos cuatro lugares aparecían como lugares blancos muy brillantes, aun cuando el contraste entre las zonas normalmente brillantes y oscuras era muy pequeño y las marcas corrientes de Marte no se distinguían (situación usual cuando se ve a Marte bajo luz violeta o azul en lugar de roja o anaranjada). ¿Acaso estaríamos observando alguna especie de nubes oscuras en medio de una tormenta de polvo, en lugares donde se encontraban normalmente nubes brillantes?

Otro experimentador, William Hartmann, de Science Applications, Inc., Tucson, Arizona, trabajó con una computadora ampliando y contrastando las fotografías originales de los cuatro lugares y encontró débiles indicios de regiones circulares centrales, en por lo menos dos de ellas. Por supuesto, las fotografías tomadas por los *Mariner 6* y *7* de Nix Olympica, en 1969, mostraban indicios similares.

Por entonces, la extensión y gravedad de la tormenta de polvo se había hecho más que evidente y, en consecuencia, hubo que demorar nuestra proyectada misión de trazar el mapa del planeta mediante la ayuda del *Mariner 9*. La nave espacial demostró poseer enorme capacidad para tomar fotografías e incluso primeros planos de los cuatro lugares en cuestión. Estos experimentos fueron posibles porque el *Mariner 9* poseía, a la vez, formidable capacidad de adaptación. La plataforma sobre la cual iban las cámaras podía orientarse hacia cualquier punto que se deseara en Marte, y el personal técnico del Jet Propulsion Laboratory del Instituto de Tecnología de California pudo cambiar sus planes con la suficiente rapidez para ajustarse a las

nuevas necesidades científicas de la misión. Debido al diseño del artilugio espacial y a la adaptabilidad de sus controladores, comenzaron a llegar los primeros planos de los cuatro lugares.

Cada uno de ellos tenía un centro vagamente circular. Había segmentos paralelos y arqueados. Asimismo había una especie de concha. Todas estas características aparecían un tanto oscuras destacándose contra unos brillantes alrededores, correspondiendo a la apariencia oscura de los lugares vistos al principio en baja resolución.

Las formas particulares que habíamos visto en las primeras fotografías carecían de significado para mí. Pero me sentí muy sorprendido por el hecho de que estos rasgos circulares se daban en Tharsis, la región más alta de Marte. Estos rasgos eran cráteres. ¿Por qué les veíamos y virtualmente no observábamos otros rasgos o características marcianas? Porque deben ser las regiones más altas de Tharsis, zona ya enormemente elevada. Los cuatro lugares, por tanto, me parecieron grandes montañas que asomaban a través del polvo. Entonces propuse que, a medida que fuera pasando el tiempo y se calmasen las tormentas de polvo (debido a la experiencia con otras tormentas globales en Marte, experiencia con décadas de observación, sabíamos que las tormentas de polvo se irían calmando gradualmente), observásemos con más atención estas montañas, incluso hasta sus bases. Por otra parte, llegué a pensar en que podríamos trazar mapas topográficos de las mismas cuando el polvo se asentara. Por desgracia, vimos que el asentamiento del polvo era operación muy irregular y esta sugerencia no dio ningún fruto.

Los geólogos, miembros del equipo de televisión del *Mariner 9*, como Harold Masursky y John McCauley, de la U. S. Geological Survey, se encariñaron inmediatamente de la *forma* de los cráteres y muy pronto les identificaron –por analogía con características similares de la Tierra– como grandes amontonamientos volcánicos con calderas en la cumbre. Yo siempre he desconfiado de argumentos o alegatos basados en analogías terrestres. Después de todo, Marte es otro lugar. En cuanto a lo que sabíamos –o, al menos, en cuanto a lo que yo sabía–, creíamos que allí podían darse procesos geológicos muy diferentes, y que las características similares a las de la Tierra podían producirse por muy diversas causas.

Sin embargo, y siguiendo una ruta diferente, llegué a la misma conclusión que los geólogos: sólo conocemos dos procesos capaces de producir cráteres: el impacto de restos interplanetarios (origen, por ejemplo, de la mayor parte de los cráteres de la Luna) y el vulcanismo. Sería mucho pedir esperar que los grandes meteoritos o pequeños asteroides que «cavaron», por así decirlo, cuatro de los mayores cráteres de impacto en Tharsis fueran lo suficientemente «inteligentes» como para caer sobre la cima de las cuatro montañas más altas de Tharsis. Mucho más plausible es la idea de que el mecanismo que hizo la montaña hizo también el cráter. El mecanismo se llama vulcanismo.

A medida que la tormenta de polvo fue amainando, se hizo mucho más clara la auténtica magnitud de estas cuatro montañas volcánicas. La más grande de ellas, la Nix Olympica, mide 400 km de un lado a otro, mayor que cualquiera de características similares de la Tierra, como, por ejemplo, las islas Hawai. No se han determinado aún las alturas de los lugares en cuestión, pero parecen tener entre 9.000 y 18.000 m sobre el nivel del planeta. (No podemos hablar de nivel del mar en

Marte, porque no hay –al menos por ahora– ningún mar allí.) Desde entonces se han descubierto una docena más de volcanes en otras regiones de Marte.

El radiómetro infrarrojo del *Mariner 9* no mostró señales de la presencia de lava caliente en las calderas de los cráteres. Por otra parte, su aspecto fresco y la casi total ausencia de cráteres producidos por meteoritos en sus laderas demostraban ser objetos muy jóvenes, geológicamente hablando, quizá no tendrían más de unos cuantos centenares de millones de años o acaso un poco más jóvenes.

La asociación de nubes con estas montañas volcánicas podía deberse a una salida contemporánea de gases de las calderas, vapor, por ejemplo, expulsado por las «troneras» volcánicas. Pero parece más probable que las nubes se encuentren sobre la cima de estas montañas, precisamente porque estas montañas son tan altas. Una imaginaria parcela de aire marciano que ascienda por la ladera de la montaña se extiende y enfría. (El aire se enfría cuando ascendemos en la atmósfera marciana. Pero, como el aire está tan enrarecido en Marte, no puede cambiar bien el calor con la superficie; así la superficie no se enfría cuando ascendemos por una montaña en Marte, como ya hemos dicho anteriormente.) Cuando la temperatura en la zona de aire desciende por debajo del punto de congelación del agua, todo el vapor de agua contenido en ella se condensa formando cristales de hielo. La cantidad de vapor de agua que sabemos existe en la atmósfera marciana, las alturas de las montañas y la cantidad de pequeños cristales de hielo necesarios para producir una nube visible, parecen unirse y formar un conjunto que explique de forma racional las nubes que hay sobre las montañas de Marte.

El reciente vulcanismo de Marte implica salida de gases, sean o no señales de tal fenómeno las nubes que vemos en la cima de estos volcanes. Cuando la lava caliente fluye a la superficie, lleva consigo una importante cantidad de gas, en la Tierra, principalmente agua, pero acompañada de otra importante cantidad de diversos materiales. Así, los volcanes que vemos en Marte han debido contribuir, en gran medida, a la formación de la atmósfera marciana. En parte, al menos, el aire ha salido por estos orificios al exterior. Como Marte es hoy tan frío, el agua puede estar como atrapada de muchas formas, como, por ejemplo, en forma de hielo, y no abundar en la atmósfera. Es probable que estos volcanes hayan producido mucho más gas que el que vemos hoy día en la atmósfera marciana. Si hay vida en Marte, seguramente debe basarse en el cambio de material con la atmósfera, igual que en la Tierra, donde predomina el ciclo de fotosíntesis de las plantas y la respiración animal. Si hay vida en Marte, estos volcanes pueden, al menos indirectamente, haber desempeñado un importante papel en su actual desarrollo.

Cuando la tormenta de polvo amainó, se situó al *Mariner 9* en una órbita más alta para facilitar el trazado de los mapas geológicos. La nave espacial trabajó muchísimo más de lo que esperaban sus diseñadores. Los mapas geológicos así acabados revelan una enorme formación de cordilleras longitudinales que rodean la Meseta de Tharsis, como si una tercera o cuarta parte de toda la superficie de Marte se hubiera quebrado durante algún colosal fenómeno geológico reciente que alzó a Tharsis. La más espectacular de estas características, casi longitudinales, es un enorme valle que en forma de quebrada se halla en una región llamada Coprates. Es casi tan largo como la mayor quebrada de la Tierra, la situada en el Este de África y que recorre toda la costa africana hasta el mar Muerto. Como Marte es un planeta

más pequeño, la quebrada de Coprates (que algunos llaman valle de Coprates) es, hablando comparativamente, un rasgo muchísimo más impresionante.

La quebrada del África Oriental se da porque los fondos marinos se expanden y por la llamada deriva continental. Los continentes africano y asiático están apartándose lentamente uno de otro, y el vacío o grieta que dejan es dicha quebrada. Pero la deriva continental se cree que obedece a la lenta circulación de material en el manto de la Tierra. Entonces, ¿hemos de creer que Marte, a pesar de su tamaño más pequeño y temperaturas internas más bajas, también sufre difusión de calor y deriva continental? ¿O es posible que diferentes procesos provoquen características similares en los dos planetas?

Sea cual fuere la respuesta, no nos queda más que seguir aprendiendo cosas relacionadas con la antigua ciencia terrestre de la geología, con sus disciplinas prácticas futuras tales como la predicción y el control de los terremotos, examinando y estudiando la geología de nuestro vecino planeta Marte.

## 18. Los canales de Marte



Un sinuoso canal de Marte, probablemente trazado por un antiguo río. Cortesía de la NASA.

En 1877 (como en 1971) el planeta Marte se hallaba a una distancia de la Tierra de 99 millones de kilómetros \* . Los astrónomos europeos con telescopios recientemente perfeccionados se preparaban para lo que era entonces la más cuidadosa observación de nuestro vecino planeta hecha por el hombre. Uno de ellos era Giovanni Schiaparelli, italiano de Milán y pariente del actual modista y perfumista.

\* \_ Marte gira alrededor del Sol a una distancia media de 228 millones de kilómetros, pero, debido a la notable excentricidad de su órbita (0,09), su distancia varía de 207 millones de kilómetros en el perihelio a 250 millones de kilómetros en el afelio; por esta razón, en la oposición la distancia Tierra-Marte varía considerablemente desde los 56 millones de kilómetros hasta cuando la oposición es menos favorable, 99 millones de kilómetros. N. del T..

En general, la vista o espectáculo que ofrecía Marte a través de aquellos telescopios era borrosa e interrumpida por la variable turbulencia de la atmósfera terrestre que los astrónomos llaman «visión» [*seeing*]. Pero había momentos en los que la atmósfera de la Tierra se aclaraba y parecía observarse con más detalle el disco de Marte. Schiaparelli quedó atónito al ver una red de líneas finas y rectas que cubrían el disco del planeta. Llamó a estas líneas *canali*, que en italiano significa «canales» [channels]. Sin embargo, *canali* se tradujo al inglés como [canals], palabra que implicaba clara imputación de diseño.

Las observaciones de Schiaparelli fueron a parar a manos de Percival Lowell, diplomático destinado en Chosen, la actual Corea. Hermano del rector de la Universidad de Harvard y de un personaje aún más famoso, la poetisa Amy Lowell (quien también era famosa por fumar pequeños cigarros puros), Lowell fundó en Flagstaff un observatorio privado para estudiar al planeta Marte. Vio los mismos *canali* que había observado Schiaparelli. Amplió su descripción y elaboró una explicación.

Lowell llegó a la conclusión de que Marte era un planeta o mundo moribundo, en el que había existido vida adaptada a los peligros del planeta en cuestión. El principal de estos peligros era la escasez de agua. Lowell imaginaba que la civilización marciana había construido una extensa red de canales para transportar agua desde los casquetes polares hasta los lugares habitados en zonas más ecuatoriales. El punto más sólido del razonamiento se basaba en la rectitud de los canales, algunos de ellos describiendo grandes círculos durante miles de kilómetros. Lowell pensaba que tales configuraciones geométricas no se podían producir por procesos geológicos. Las líneas eran demasiado rectas. Únicamente podían ser obra de la inteligencia.

Ésta es una conclusión con la cual todos podemos estar de acuerdo. La diferencia está en cuál de los dos lados del telescopio estaba la inteligencia. Lowell creía que aquellas líneas eran auténticos canales de irrigación construidos por los habitantes de Marte para combatir la escasez de agua. Muchos de los astrónomos más famosos que observaron Marte entre finales del siglo y el amanecer de la era espacial hallaron que, aun cuando podían ver los canales en buenas condiciones visuales, sin ser excelentes, en algunos raros momentos de perfecta visibilidad

podían también resolver las líneas rectas en una multitud de manchas y detalle irregular.

Entonces se descubrió que por lo menos la mayor parte de los casquetes polares eran dióxido de carbono sólido y no agua helada. La presión atmosférica era mucho menor que en la Tierra. Se halló imposible la existencia de agua líquida. Se descartó la idea de que hubiese formas de vida y canales en Marte. Y sin embargo...

Cuando en 1971 amainó la tormenta de polvo, el *Mariner 9* comenzó a fotografiar una región llamada Coprates por los observadores clásicos. Coprates era uno de los grandes *canali* descubiertos por Lowell, Schiaparelli y sus seguidores. Hacia el final de la tormenta de polvo, Coprates resultó ser un enorme barranco, más que un valle, que se extendía a lo largo de 5.000 km de Este a Oeste cerca del ecuador marciano. En algunos puntos medía 40 km de anchura y 1.800 m de profundidad. No era perfectamente recto; por supuesto, no se trataba de ninguna obra de ingeniería, pero era una vasta garganta mucho más grande que cualquier similar de la Tierra.



**El gran Valle de Coprates. Cortesía de la NASA.**

Y como partiendo de Coprates había rasgos que sin duda alguna eran muy curiosos, sinuosos canales que parecían serpentear a través de las tierras altas sobre la quebrada de Coprates y de los que a su vez partían bonitos afluentes. Si tales



canales se hubieran visto en la Tierra, sin duda alguna se hubiesen atribuido a corrientes de agua. Pero en Marte las presiones en la superficie son tan bajas que el agua líquida se evaporaría instantáneamente, del mismo modo que, al ser las presiones de la Tierra tan bajas, el anhídrido carbónico se evapora inmediatamente. En la Tierra tenemos anhídrido carbónico sólido y anhídrido carbónico gaseoso, pero no anhídrido carbónico líquido. En Marte, esta ausencia de la fase líquida es tan cierta como la carencia de agua.

Pero a medida que el *Mariner 9* continuó realizando su misión fotográfica se descubrieron muchos más canales. Canales con sistemas tributarios de segundo y tercer orden, canales sin un cráter en su inicio o final, canales con una especie de islas en su parte central y canales con final trezado, como los abiertos en la Tierra mediante inundaciones de tipo regular.

Existen ya muy pocas dudas de que la mayor parte de los canales más largos (algunos miden centenares de kilómetros de longitud) y muchísimos otros más pequeños fueron abiertos por agua corriente. Pero como en la actualidad no puede haber en Marte agua líquida, tales canales debieron haber sido trazados en una época anterior de la historia marciana, cuando las presiones totales eran más elevadas, las temperaturas más altas y también mayor la disponibilidad de agua.

Los canales revelados por el *Mariner 9* hablan por sí mismos y de manera elocuente de la posibilidad de formidables cambios climáticos en Marte. Desde este punto de vista. Marte se encuentra hoy a mitad de una era de hielo, pero en el pasado –nadie sabe cuándo– disfrutó de condiciones mucho más benignas y más parecidas a las de la Tierra. Las razones de tales cambios climáticos se debaten aún hoy día acaloradamente. Antes del lanzamiento del *Mariner 9* sugerí que tales cambios climáticos conducentes a episodios de agua líquida podrían ocurrir en Marte. Podrían ser impulsados por la precesión de los equinoccios, movimiento bien conocido, análogo a la precesión lenta y derivada de una cúspide que gira rápidamente. Los períodos anteriores en Marte se aproximan a los cincuenta mil años. Si ahora estamos en un invierno precesional, con extenso casquete polar en el Norte, hace veinticinco mil años puede haberse dado el invierno precesional con extenso casquete polar en el Sur.

Pero hace doce mil años es probable que haya sido la época de primavera y verano precesionales. La atmósfera densa de aquella época se halla ahora como encerrada en los casquetes polares. Hace doce mil años quizá reinaran en Marte temperaturas deliciosas, noches suaves y el sonido del agua deslizándose por innumerables riachuelos para unirse a caudalosos ríos. Algunos de estos ríos probablemente desembocaron en la gran quebrada de Coprates.

De ser así, hace doce mil años quizás hubo una vida en Marte muy similar a la de la Tierra. Si yo fuese un organismo en Marte, limitaría mis actividades a los veranos precesionales y cerraría la tienda en los inviernos precesionales, como lo hacen muchos organismos en la Tierra durante nuestros inviernos mucho más cortos. Yo haría esporas; haría formas vegetativas; me sumiría en reposo criptobiostático; invernaría, vegetaría, hasta que hubiese terminado el largo invierno. Si esto es realmente lo que hacen los organismos marcianos, puede que estemos llegando a Marte con una anticipación de doce mil años, ¡o demasiado tarde!

Pero hay una manera de intentar probar estas ideas. Una de las formas en que los hipotéticos organismos marcianos sabrían que ha llegado la primavera precesional es por la reaparición del agua líquida. Por tanto, como Linda Sagan ha mencionado, la receta para poder detectar vida en Marte es «añadir agua». Y esto es justamente lo que harán los experimentos biológicos del *Viking* de los Estados Unidos, programado para aterrizar en Marte, en busca de microbios. Un brazo automático dejará caer dos pequeñas muestras del suelo marciano en agua líquida. Una tercera muestra se insertará en una cámara sin ningún agua líquida. Si los dos primeros experimentos dan resultados biológicos positivos y el tercer experimento no, entonces habrá que apoyar esta idea de que los organismos marcianos están esperando a que termine el largo invierno.

Pero es perfectamente posible que los diseños de estos experimentos hayan sido demasiado chauvinistas en el aspecto terrenal. Pueden existir organismos marcianos que disfruten con el actual medio ambiente y se “ahoguen” en agua líquida. La idea de unos organismos marcianos con el aspecto de bellas durmientes, esperando algo así como un beso húmedo del *Viking*, es probablemente una idea absurda o excesivamente fantástica, pero no se puede negar que sea fascinante.

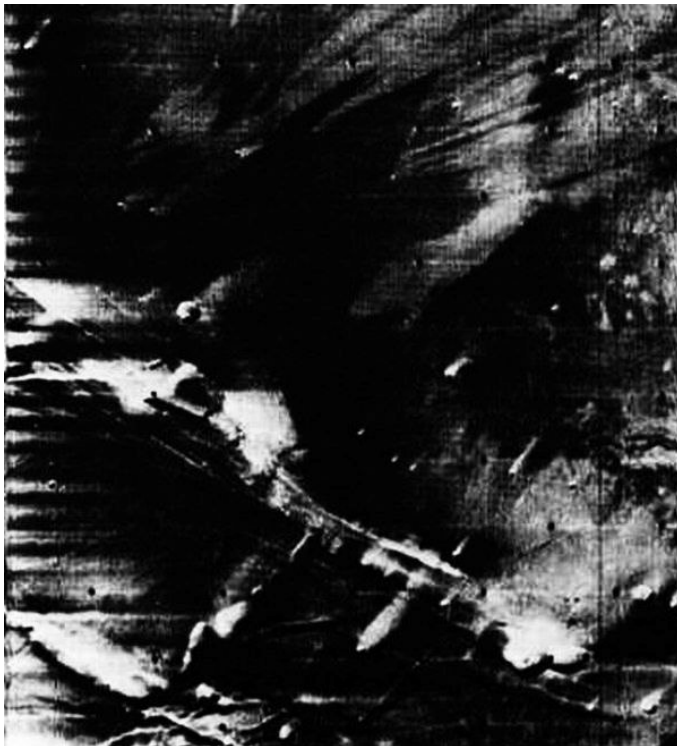
No todos los canales corresponden a las posiciones de los clásicos *canali* dibujados por Lowell y Schiaparelli. Algunos, como Ceraunius, parecen ser cadenas montañosas. Otros se presentan demasiado borrosos como para dictaminar lo que puedan ser. Pero hay alguno como Coprates, que son enormes quebradas abiertas en el suelo de Marte. *Hay* canales en Marte. Puede que su origen sea muy diferente al imaginado por Lowell o es posible que no guarden relación alguna con la biología marciana.

Los canales de Lowell no existen, pero los *canali* de Schiaparelli ahí están. Más o menos, se pueden ver. Es probable que en el futuro, cualquier día, se llenen los canales de agua una vez más, e incluso se llenen de gondoleros del planeta Tierra.

## 19. Las fotografías perdidas de Marte

El *Mariner 9*, en su misión a Marte, envió a la Tierra 7.232 fotografías que revolucionaron nuestros conocimientos del planeta. Muchos centenares de estas fotos se dedicaron al estudio de características variables y a los cambios de tiempo en las configuraciones relativas de marcas oscuras y brillantes en la superficie del planeta que ahora se sabe son provocadas por el polvo arrastrado por el viento. Encontramos miles de líneas oscuras y brillantes, que se iniciaban en los llamados cráteres por impacto y luego se extendían a lo largo de decenas de kilómetros sobre la superficie marciana. Todas señalaban hacia la dirección de los vientos predominantes. Creemos que son producidas por fuertes vientos, que levantan polvo de los cráteres y después lo depositan sobre la superficie más allá de los terraplenes de tales cráteres. Estas líneas son como indicadores naturales de la dirección del viento y, quizás, anemómetros situados en la superficie marciana para nuestra edificación y delicia. Hemos descubierto retazos o manchas oscuras e irregulares en el interior de los cráteres que tienden a formarse en las paredes de sotavento de los cráteres. Así, las manchas y las líneas se convierten en indicadores de la dirección de los vientos. Algunas de las manchas demostraron ser, de acuerdo con el *Mariner 9*, enormes campos de dunas de arena paralelas.

A continuación tres fotografías tomadas por el *Mariner 9* que muestran los efectos de los fuertes vientos cerca de la superficie marciana:



Franjas de viento que radian desde los cráteres de impacto. Cada franja es una delgada capa de polvo soplado por el viento. Cortesía de la NASA.



Arriba: Manchas en el interior de los cráteres. Abajo: Análisis de una de las manchas mostradas arriba. Cortesía de la NASA.

Hemos descubierto muchos casos de líneas oscuras y manchas que varían notablemente en extensión y trazado. Las posiciones y variantes de estas características oscuras se corresponden perfectamente con las clásicas marcas oscuras de Marte, observadas por los astrónomos durante más de un siglo, manchas que entonces se atribuían, por su variación, a cambios en la vegetación del planeta debidos a las estaciones.

Pero nuestro *Mariner 9*, sin duda alguna, ha demostrado que tales cambios y variaciones tienen un origen más meteorológico que biológico.

Esto, por supuesto, no excluye la vida en Marte. Simplemente significa que, si hay vida en Marte, no es fácil descubrirla a distancias interplanetarias. Lo mismo se puede asegurar en el caso opuesto. La evidencia fotográfica de vida en la Tierra durante el día desde Marte es imposible, como así lo hemos comprobado estudiando varios miles de fotografías orbitales de nuestro propio planeta. Pero las manchas y líneas que tanto varían en la superficie marciana son un nuevo fenómeno realmente emocionante que exige un estudio mucho más amplio.

Como los cambios marcianos se dan muy lentamente, es preciso que transcurran largos intervalos de tiempo entre dos fotografías de la misma región, con objeto de ver qué cambios se han operado durante ese tiempo. Al final de la misión las cámaras del *Mariner 9* habían tomado, con pleno éxito, quince fotografías de regiones, en Syrtis y Tarsis, fotos muy importantes para comprender las variaciones de tan largo plazo. Pero cuando llegó el momento de orientar la antena principal del *Mariner* hacia la Tierra, para poder transmitir estas fotografías mediante la grabadora de la sonda espacial, se había agotado ya el llamado gas de control de posición. La sonda espacial había agotado literalmente su combustible.

Un año antes de que se iniciara la misión del *Mariner 9*, se sugirió la posibilidad de que la sonda espacial se quedase sin gas de control en algún momento. Se propuso entonces una solución: que los depósitos de propulsión se conectaran con el sistema de gas de control, una especie de anastomosis espacial. El exceso de gas de propulsión podría usarse para el control de posición en el caso de que se agotara el nitrógeno de control. Se rechazó esta posibilidad, principalmente a causa del gasto que implicaba. Hubiese costado 30.000 dólares, pero nadie esperaba que el *Mariner 9* durase lo suficiente como para agotar del todo su gas de control de posición. Su vida oficial era de noventa días, pero duró casi todo un año. Los ingenieros se habían mostrado demasiado conservadores al valorar su magnífico producto. Mirando hacia atrás, el problema parece presentarse como de una falsa economía. Con un adecuado suministro de gas de control de posición, la sonda espacial podría haber durado otro año en órbita alrededor de Marte. Se hubiesen comprado 150 millones de dólares de ciencia por 30.000 dólares de tuberías. Si hubiésemos sabido que la sonda espacial moriría por falta de nitrógeno, estoy casi seguro de que los científicos planetarios que trabajaron en ella habrían reunido como fuera los 30.000 dólares necesarios.

De hecho, hay muchas dificultades de este tipo en el programa espacial, detalles en los que la adición de una pequeña suma de dinero puede aumentar enormemente el beneficio científico de cualquier misión. Pero la NASA, seriamente limitada en lo que concierne a presupuestos por el Congreso, la Casa Blanca y el Departamento de Dirección y Presupuestos, nunca dispone de semejantes cantidades adicionales. Si

fuese posible hallar un generoso donante, no cabe la menor duda de que a tal ayuda sí podría llamársele filantropía privada.

Pero éstas no dejan de ser vanas e inútiles meditaciones. No se llevó a cabo ninguna anastomosis y, en consecuencia, no hubo playback de la grabadora. Allí, en esa grabadora que aún posee el *Mariner 9*, hay quince fotografías vitales del planeta. Jamás llegarán a la Tierra a través del *Mariner 9*. También ha perdido ya fuerza solar. La luz del Sol ya no se puede convertir en electricidad en sus cuatro grandes paneles solares, y no hay forma de reactivarlos. Puede que jamás sepamos cuál era el aspecto de Tharsis y de Syrtis a principios de noviembre de 1972, vistos desde la órbita marciana.

O quizá sí. El *Mariner 9* se halla en una órbita que desciende muy lentamente en la atmósfera marciana. Pero tal descenso es tan lento que la sonda espacial no se estrellará contra Marte por lo menos durante medio siglo. Antes de ese momento, se realizarán vuelos orbitales dirigidos por el hombre alrededor de Marte. Incluso en la actualidad se realizan con toda pulcritud maniobras de acercamiento y acoplamientos espaciales, y así, probablemente por el año 1990, cuando se lleve a cabo una gran exploración humana de Marte habrá una cita espacial con el *Mariner 9*. La vieja y vapuleada sonda espacial pasará a bordo de alguna nave fabulosa y volverá a la Tierra, probablemente para descansar en la Smithsonian Institution. Quizá para impedir que los microorganismos terrestres del *Mariner 9* alcancen Marte, pero acaso también para rescatar y estudiar las quince fotografías perdidas en la misión del *Mariner*.

## 20. La edad del hielo y la caldera



Extremos del clima en la Tierra. Arriba: Campo de dunas en el Sahara. De *Sahara*, C. Krüger, ed., New York, Putnam, 1969. Abajo: Grietas en el glaciar Vatnajökull, de Islandia. De *The World from above*, por O. Bihalji-Merin, Hill and Wang, New York, 1966.

En nuestro diminuto planeta, girando en una órbita casi circular, a también casi una constante distancia de nuestra estrella, el clima varía algunas veces radicalmente de un lugar a otro. El Sahara es diferente de la Antártida. Los rayos del Sol caen directamente sobre el Sahara y oblicuamente sobre la Antártida, originando gran diferencia de temperatura. El aire caliente se eleva cerca del Ecuador y el aire frío desciende cerca de los polos, dando lugar a la circulación atmosférica. El movimiento de la resultante corriente de aire es desviado por el movimiento de rotación de la Tierra.

Hay agua en la atmósfera, pero cuando se condensa, formando lluvia o nieve, el calor pasa a la atmósfera, cambiando el movimiento del aire.

El terreno cubierto por nieve recién caída refleja más luz solar hacia el espacio que cuando está libre de nieve. El terreno se hace aún más frío.

Cuando en la atmósfera hay más vapor de agua o anhídrido carbónico, se bloquea en mayor medida la emisión infrarroja de la Tierra. La radiación de calor no puede escapar de este invernadero atmosférico y, en consecuencia, se eleva la temperatura de la Tierra.

Hay topografía en la Tierra. Cuando las corrientes de aire se deslizan sobre las montañas o penetran en los valles, cambia la circulación.

En un momento cualquiera y en un diminuto planeta, el tiempo, como todos sabemos, es complejo. El clima, al menos en cierta medida, es imprevisible. En el pasado había fluctuaciones climáticas más violentas. Se extinguieron especies enteras, géneros, clases, y familias de plantas desaparecieron totalmente quizás a causa de estos tremendos cambios climáticos.

Una de las explicaciones más plausibles acerca de la extinción de los dinosaurios es que eran grandes animales con pobres sistemas termorreguladores; eran torpes para construirse madrigueras y, por tanto, incapaces también de acomodarse a una general declinación de la temperatura.

La evolución inicial del hombre está íntimamente relacionada con la aparición de la Tierra tras la vasta glaciación o congelación pleistocénica. Existe todavía una inexplicable conexión entre las inversiones del campo magnético de la Tierra y la extinción de gran número de pequeños animales acuáticos.

La razón de estos cambios climáticos todavía es objeto de acaloradas controversias. Puede ser que la cantidad de luz y calor que emite el Sol sea variable a nivel de decenas de miles de años o quizá más. Puede ser que el cambio climático se deba al cambio muy lento de la orientación de la inclinación del eje de rotación de la Tierra respecto a su órbita. Es posible que las reacciones químicas hayan reducido la cantidad de anhídrido carbónico y otras moléculas de la atmósfera y así se haya enfriado la Tierra.

De hecho, hay unas cincuenta o sesenta teorías diferentes sobre las edades de hielo y sobre otros importantes cambios climatológicos en la Tierra. Es un problema de interés intelectual muy importante. Pero hay algo más que esto. La comprensión del



cambio climático puede tener profundas consecuencias básicas, porque el hombre está ejerciendo tremenda influencia en el medio ambiente de la Tierra, a menudo en formas que revelan mediocres caminos de pensamiento, malas comprensiones y conveniencias individuales y beneficios económicos a corto plazo, entre los habitantes del planeta.

La polución industrial está introduciendo enormes cantidades de partículas extrañas en la atmósfera, partículas que poco a poco van rodeando al Globo. Las partículas más pequeñas, inyectadas en la estratosfera, tardan años en caer. Estas partículas aumentan el reflejo de la Tierra y disminuyen la cantidad de luz solar que llega a la superficie. Por otra parte, la quema de combustibles fósiles, como el carbón, el petróleo y la gasolina aumentan la cantidad de anhídrido carbónico en la atmósfera de la Tierra que, a causa de su importante absorción infrarroja, puede aumentar la temperatura terrestre.

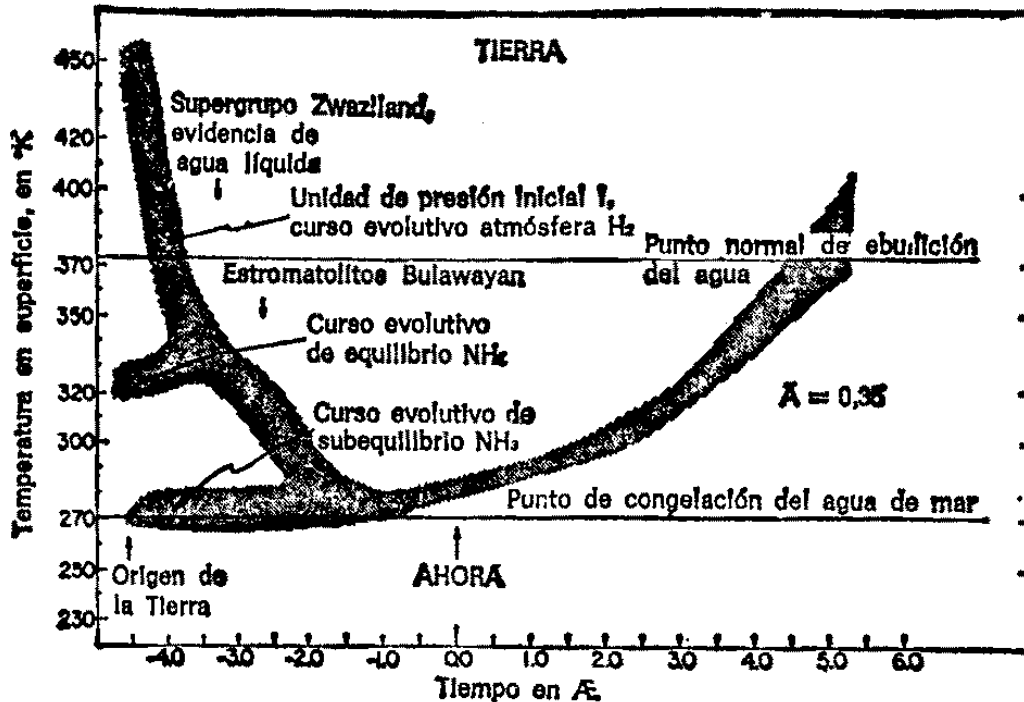
Existe una importante gama de efectos que zarandean, por así decirlo, al clima en direcciones opuestas. Nadie entiende del todo estas interacciones. Aunque parece poco probable que la cantidad de contaminación que se considera admisible pueda provocar un importante cambio climatológico en la Tierra, tampoco podemos estar seguros de tal cosa. Es un tópico que bien merece una investigación a nivel internacional.

La exploración espacial desempeña un interesante papel en la prueba de las teorías del cambio climático. En Marte, por ejemplo, hay inyecciones masivas y periódicas de tenues partículas de polvo en la atmósfera, las cuales tardan semanas y a veces hasta meses en caer. Sabemos, por la experiencia del *Mariner 9*, que la temperatura, estructura y clima de Marte cambian notablemente durante tales tormentas de polvo. Estudiando a Marte, podemos comprender mejor los efectos de la contaminación industrial en la Tierra.

Lo mismo ocurre con Venus. He aquí un planeta que parece haber soportado un efecto invernadero descontrolado. En su atmósfera ha penetrado una cantidad masiva de anhídrido carbónico, ocultando su superficie de tal manera que al espacio escapa muy poca emisión térmica infrarroja. El efecto de invernadero ha calentado la superficie hasta 425° C o más. ¿Cómo se ha dado en Venus este fenómeno? ¿Cómo evitamos que esto ocurra aquí?

El estudio de nuestros planetas vecinos no sólo nos ayuda a generalizar el estudio del nuestro, sino que puede proporcionarnos indicios prácticos y hasta relatos que llevan consigo recomendaciones de precaución que todos hemos de leer, si somos lo suficientemente inteligentes y prudentes para entenderlos.

## 21. Comienzos y finales de la Tierra



Cursos esquemáticos de la evolución de la temperatura del planeta Tierra a través del tiempo geológico. Los cambios de temperatura se deben a los cambios en la luminosidad del Sol y a la composición de la atmósfera terrestre. Un eón equivale a mil millones de años. Según cálculos del autor. Cortesía de la Asociación Americana para el Progreso de la Ciencia.

Las estrellas no poseen vida eterna. Pero la vida de una persona se mide en décadas y la de una estrella en miles de millones de años.

Una estrella nace de nubes interestelares de gas y polvo. Durante cierto tiempo, convierte el hidrógeno en helio en los hornos termonucleares de su profundo interior. Después, y en plena vejez estelar, sufre una serie de catástrofes más grandes o más pequeñas, un lento goteo o una inyección explosiva de material estelar en el espacio. Durante el período más o menos estable de vida de la estrella, la región interior caliente, al convertir el hidrógeno en helio, gradualmente va abriendo paso hacia el exterior desde el mismo centro. Con el paso del tiempo, la estrella comienza a hacerse, lenta y casi imperceptiblemente, más brillante.

Después de las llamaradas y otras impetuosidades de su temprana adolescencia, nuestro Sol se calmó para iniciar una radiación, o, mejor dicho, una producción de radiación más o menos constante. Pero hace cuatro mil millones de años era aproximadamente un 30 % más oscuro de lo que es en la actualidad. Si suponemos que hace cuatro mil millones de años la Tierra mostraba la misma distribución de tierras y agua, nubes y hielo polar, de forma que absorbía idéntica cantidad relativa de luz solar que hoy, y si también suponemos que tenía una atmósfera similar, podemos calcular cuál era su temperatura. El cálculo revela una

temperatura para toda la Tierra inferior al punto de congelación del agua del mar. De hecho incluso hace dos mil millones de años, según estas suposiciones, el Sol no habría podido ser lo suficientemente brillante como para mantener a la Tierra por encima del punto de congelación al punto de congelación.

Pero disponemos de gran número de pruebas de que éste no fue el caso. En antiguos depósitos de barro hay marcas en forma de ondas y rizos causadas por agua líquida. Existen grandes concentraciones de lava producidas por volcanes submarinos. Hay enormes depósitos de sedimentación que sólo se pueden producir en las orillas de los océanos. Hay productos biológicos llamados estromatolitos algáceos, que sólo se producen en el agua.

Entonces, ¿qué es lo que está mal? O bien es un error nuestra teoría de la evolución del Sol o nuestra suposición de que la Tierra era como la de hoy día. La teoría de la evolución solar parece ser buena. Las demás inseguridades que prevalecen no afectan a la cuestión de la inicial luminosidad del Sol.

La más probable resolución de esta aparente paradoja es que en la temprana Tierra algo era diferente. Después de haber estudiado un amplio margen de posibilidades, llego a la conclusión de que lo que era diferente hace dos mil millones de años era la presencia de pequeñas cantidades de amoníaco en la atmósfera de la Tierra. En la actualidad, el amoníaco está presente en Júpiter; es la forma de nitrógeno esperado en primitivas condiciones. Absorbe fuertemente en las longitudes de onda infrarrojas que la Tierra emite al espacio. El amoníaco, en la primitiva Tierra, debió de mantener el calor, aumentando la temperatura de la superficie mediante el efecto invernadero y manteniendo la temperatura global de la Tierra a niveles compatibles tanto con el origen y temprana historia de la vida y como con que el agua líquida fuese abundante en las primeras etapas de la historia del planeta. El amoníaco es uno de los elementos atmosféricos necesarios para los cimientos de la vida. El estudio de la evolución del Sol nos lleva a la información de la historia inicial, composición química y temperatura terrestres, y, por tanto, a las circunstancias de su habitabilidad. La evolución estelar y la biológica están relacionadas.

¿Y qué hay acerca de la futura evolución del Sol? El Sol está aumentando su brillo. Dentro de unos cuatro millones de años a partir de ahora, el Sol será lo suficientemente brillante como para que se dé el efecto de invernadero descontrolado sobre la Tierra, como sucede hoy día en Venus. Nuestros océanos hervirán, y el anhídrido carbónico, hoy presente como carbonatas en las rocas sedimentarias, ascenderá a la atmósfera. La Tierra se habrá convertido en una caldera inhabitable.

Es probable que la tecnología de esos remotos tiempos sea la necesaria para prevenir semejante descontrol, pero sin duda será una tarea de ingeniería extremadamente difícil. Sin embargo, cosa curiosa, el mismo incremento en el brillo y calor del Sol dentro de algunos miles de millones de años hará que Marte sea un lugar donde la temperatura, que en la actualidad es de 47° C bajo cero, goce de temperaturas casi exactamente iguales a las de la Tierra en nuestros días.

Cuando la Tierra sea un lugar inhabitable, Marte disfrutará de un clima agradable y delicioso. Nuestros remotos descendientes, si los hubiere, probablemente deseen aprovechar esta circunstancia.

## 22. Terraformación de los planetas

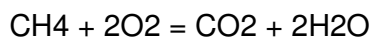


**Fotografía compuesta de Marte, tomada por el *Mariner 9*. Se ven grandes volcanes en el fondo y el casquete polar del Norte. La cantidad de anhídrido carbónico y agua congelada atrapada en el casquete polar, si se liberase en la atmósfera, determinaría probablemente condiciones climáticas muy parecidas a las de la Tierra. Cortesía de la NASA.**

De una manera sutil y profunda, las actividades de la vida afectan al medio ambiente de nuestro planeta. Nuestra atmósfera se compone de un 20 % de oxígeno y un 80 % de nitrógeno. El oxígeno se produce casi por entero mediante la fotosíntesis, o síntesis de los hidratos de carbono realizada por la clorofila bajo la acción de la luz. En forma similar, los más recientes testimonios sugieren que el nitrógeno es casi por completo un producto de la actividad biológica de microorganismos del suelo que convierten los nitratos y el amoníaco en gas  $N_2$  nitrógeno molecular. Las actividades biológicas no sólo controlan íntimamente los principales elementos de nuestra

atmósfera, sino que también regulan a los elementos menores. En medida muy significativa, el anhídrido carbónico está regulado por el mecanismo fotosíntesis-respiración. Aunque sea un elemento menor de la atmósfera de la Tierra, el metano CH<sub>4</sub> es de origen biológico.

De hecho, la vida en la Tierra, invisible en la fotografía, podría detectarse con un pequeño telescopio y un espectrómetro infrarrojo desde Marte. Los marcianos, si existe alguno, podrían observar fácilmente, en longitud de onda de 3,33 μ en el infrarrojo, una característica de fuerte absorción que el análisis directo revelaría ser debido a 1:1.000.000 de metano en la atmósfera terrestre. No sería difícil deducir que el metano es, quizá, de origen biológico. El metano es químicamente inestable en un ambiente con exceso de oxígeno. Se oxida con suma rapidez a anhídrido carbónico:



La cantidad de metano que se equilibraría con el gran exceso de oxígeno en nuestra atmósfera es inferior a mil millones de millones la cantidad realmente observada. ¿Cómo puede ser esto? El metano se puede producir con tanta rapidez que no hay tiempo suficiente para que el oxígeno reduzca su abundancia hasta una cantidad de equilibrio. Podría ser que existiera una masiva efusión de metano en antiguos campos petrolíferos de la Tierra. Pero tal efusión o escape tendría que ser enorme, esta hipótesis es preciso desecharla. Es mucho más probable que el metano se produzca mediante un proceso de carácter biológico.

Indudablemente, éste es el caso. Parece existir controversia en la literatura ecológica sobre dos posibles orígenes de este metano. Una fuente es la bacteria de metano que vive en pantanos y marjales, de aquí el término de «gas de los pantanos», al referirse al metano. El otro origen de la bacteria de metano es el intestino de los ungulados. Hay otra escuela de pensamiento ecológico que cree que se produce más metano mediante la segunda fuente que mediante la primera. Esto significa que la flatulencia bovina, expulsión de gases intestinales de las vacas, elefantes, renos y alces es detectable a distancias interplanetarias, mientras que el conjunto de las actividades humanas resulta invisible. Por supuesto, no consideraríamos la flatulencia del ganado como manifestación dominante de vida en la Tierra, pero ahí está.

Inadvertidamente, sin que de un modo consciente la Humanidad haya realizado algún esfuerzo para ello, la vida en la Tierra ha modificado el medio ambiente en forma muy notable. A través del efecto de la presión y composición atmosférica en el clima, hay un mecanismo de retroalimentación en el que el mismo clima, puede en algún grado ser controlado por las reacciones de intercambio gaseoso en las que participan las formas de vida en la Tierra. En algún modo la vida sobre la Tierra ha terraformado la propia Tierra. En alguna medida esto ha hecho a la Tierra tal y como es.

¿Es posible que, en algún momento del futuro, pudiésemos llegar a «terraformar» otros planetas, convertir a Marte o a Venus, hoy hostiles al hombre, en medio ambiente propicio y habitable? Tal cambio, de ser posible, debiera realizarse tras un examen cuidadoso y responsable de las consecuencias. Primero tendríamos que entender del todo al actual medio ambiente del planeta antes de alterarlo.

Deberíamos garantizar escrupulosamente que no sean destruidos ninguna clase de organismos indígenas del planeta mediante tal «terraformación». Si Marte, por ejemplo, tiene una población de organismos indígenas que se extinguiría mediante la «terraformación», jamás deberíamos llevar a cabo esta última. Pero si el planeta carece de vida, o si los organismos sobreviven mejor en condiciones parecidas a las nuestras, podría ser razonable, en algún momento del futuro, considerar tal alteración de un medio ambiente planetario.

Deben ser muy caros nuestros motivos para esta, digamos, reforma planetaria. No es una solución a un problema de exceso de población. En la Tierra nacen cada día varios centenares de miles de personas. Y, por supuesto, no hay perspectiva alguna en un inmediato futuro de poder trasladar a centenares de miles de seres humanos a otros planetas cada día. En toda la historia de la Humanidad, el hombre sólo ha podido enviar a otro planeta a una docena de personas. Tampoco es muy probable que llegue a existir en un futuro inmediato una industria minera para extraer mineral en otro planeta y trasladarlo luego a la Tierra: el coste del transporte sería prohibitivo. Aun así, el espíritu humano es expansivo; en el interior de muchos de nosotros alienta el urgente deseo de colonizar nuevos medios ambientes. Tales actividades pueden llevarse a cabo sin imperialismo cósmico, sin la arrogancia que caracterizó a la colonización europea del Nuevo Mundo, o sin la liquidación de los indios que efectuaron los blancos para establecerse en el Oeste americano. La colonización interplanetaria puede ser compatible con las más altas aspiraciones y objetivos de la Humanidad.

¿Cómo lo haríamos? En el caso de Venus, como hemos visto en el capítulo 12, hay una atmósfera aplastante, compuesta principalmente por anhídrido carbónico y una superficie cuya temperatura es cercana a los 500° C. Evidentemente, representaría una tarea formidable convertir este medio ambiente en otro en el cual los hombres pudieran vivir y trabajar sin enorme ayuda tecnológica. Pero existe una sola posibilidad de «terraformar» o reformar Venus para equiparlo a la Tierra, posibilidad que sugerí con ciertas reservas en 1961. El método supone que la elevada temperatura de la superficie se produce mediante un efecto de invernadero que requiere anhídrido carbónico y agua, conjetura que hoy día es mucho más plausible que entonces. La idea consiste, simplemente, en sembrar las nubes de Venus con una potente variedad de algas –se sugirió un género llamado *Nostocaceae*– que realizaría la fotosíntesis en la proximidad de las nubes. El anhídrido carbónico y el agua se convertirían en compuestos orgánicos, en su mayor parte en hidrocarburos y oxígeno. Sin embargo, las algas serían transportadas por la circulación atmosférica a niveles más bajos y más calientes en la atmósfera de Venus donde se abrasarían. Un alga, al abrasarse, libera compuestos de carbono simple, carbono y agua a la atmósfera. El contenido de agua de la atmósfera permanece fijo y el resultado evidente es la conversión del anhídrido carbónico en carbono y oxígeno.

El actual efecto de invernadero en Venus se debe principalmente al anhídrido carbónico y al agua. La presión actual sobre Venus es aproximadamente noventa veces superior a la que reina en la superficie de la Tierra. La atmósfera de Venus está compuesta principalmente por anhídrido carbónico. Al convertirse el anhídrido carbónico en carbono y oxígeno, y al combinarse el oxígeno químicamente con la corteza de Venus, se reduciría la presión total, disminuyendo la absorción infrarroja

atmosférica, reduciéndose el efecto de invernadero y descendiendo la temperatura. Por tanto, es posible que la inyección de algas bien desarrolladas en las nubes de Venus, algas capaces de reproducirse a mayor velocidad que su destrucción, con el tiempo convertirían al medio ambiente extremadamente hostil de Venus en otro mucho más agradable para los seres humanos.

La cantidad de vapor de agua que hay en la atmósfera de Venus, si se condensara sobre la superficie del planeta, proporcionaría una capa de agua de aproximadamente 48 cm, no un océano, desde luego, pero sí suficiente para la irrigación y proveer a otras necesidades humanas. También es posible que el agua se consiga entre las rocas del planeta.

Nadie puede calcular si éste es el escenario más idóneo o cuánto tiempo se tardaría en reformar al segundo planeta del Sol. Es perfectamente posible que haya algún fallo o punto débil en la idea. Por ejemplo, la alta temperatura de la superficie puede que no obedezca a un efecto de invernadero, pero creo que esto es poco probable.

En todo caso, creo que «terraformar» a Venus no es empresa imposible. El esquema Nostoc es un ejemplo de cómo la tecnología humana y la ciencia pueden, en períodos de tiempo muy cortos, comparados con el tiempo geológico, reformar y cambiar el medio ambiente de otros planetas.

En cuanto se refiere a Marte, ya hemos visto en el capítulo 18 que hoy día se dispone de pruebas de que en épocas comparativamente recientes las condiciones en aquel planeta fueron mucho más parecidas a las de la Tierra de lo que son hoy. Hemos mencionado la probabilidad de que en los casquetes polares marcianos estén encerradas enormes cantidades de anhídrido carbónico y agua. Gran parte de dichos CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O pueden pasar desde los casquetes polares a la atmósfera dos veces cada ciclo precesional de cincuenta mil años. Los doctores Joseph Burns y Martin Harwit, de la Cornell University, han examinado varios esquemas tecnológicos para provocar condiciones más favorables en Marte dentro de unos centenares de años en lugar de pensar en milenios. Estos esquemas implican alteración de las órbitas de los satélites marcianos o de un cercano asteroide para cambiar el movimiento precesional del planeta, o la instalación de un enorme espejo orbital sobre el casquete polar para fundir el material allí congelado. Sin embargo, aún más fácil sería verter negro de carbono sobre los casquetes, calentar los polos, aumentar la presión atmosférica y calentar el planeta.

Repito que no sabemos si tales esquemas darán resultado, pero no parecen ser extremadamente irrazonables o impracticables. Puede ser que dentro de centenares de años seamos capaces de convertir a Marte en un planeta muy parecido a la Tierra.

La Luna y los asteroides son mucho menos hospitalarios que Marte y Venus. Son mucho menos capaces de retener una atmósfera y no se les puede aplicar los esquemas de reforma que hemos sugerido. Pero incluso en mundos sin aire, el establecimiento de colonias humanas en sus superficies o incluso –en el caso de pequeños asteroides– en su interior, parece ser un posible futuro proyecto para la Humanidad. Tales colonias serían mucho más reducidas que las de un Marte o Venus, reformados, y necesitarían mayor atención en cuanto se refiere a la escasez de recursos.

Estas colonias serían defendibles sólo en el caso de que se encontraran recursos naturales notables, en particular agua congelada o químicamente confinada. En el caso de la superficie de la Luna, las muestras logradas por los astronautas del Apolo demostraron una carencia total de agua. Pero es muy posible que existan grandes almacenamientos de agua en regiones más frías y umbrías, cerca de los polos lunares, o a grandes profundidades bajo la superficie lunar.

Tampoco es improbable que dentro de algunos siglos haya grandes colonias humanas en todas las partes internas del Sistema Solar y en algunos de los mayores satélites de los planetas jovianos. Desde luego, la perspectiva es difícil; las tareas de reforma son inmensas y la necesidad de respetar ecológicamente otros medios ambientes resulta imperativa. El peligro de que se produzca una contaminación biológica en dos direcciones es cosa que también habría que examinar con suma escrupulosidad.

Incluso puede llegar el día en el que se nos pidan cuentas por haber administrado así el Sistema Solar. En consecuencia, nuestra propia época debería considerarse ya como el momento en que primero abandonamos la cuna de nuestra especie y comenzamos, casi a tientas, a explorar y transformar el espacio que nos rodea.



## 23. La exploración y utilización del Sistema Solar



Una carabela espacial. Pintura de Jon Lomberg a partir de un dibujo de Brueghel

A principios del siglo XX, las dos opiniones, la científica y la profana, sostenían que los aviones eran cosa totalmente imposible. El final del siglo, eliminado el fantasma de catástrofes ecológicas o nucleares, probablemente verá a los rusos y americanos realizar expediciones espaciales a otros planetas.

Éste es un siglo en el que se han hecho realidad algunos de los más antiguos sueños del hombre, y en el cual la Humanidad ha creado alas y realizado las aspiraciones de da Vinci y Dédalo. Ahora, máquinas que inhalan aire y transportan hombres circumnavegan nuestro planeta en menos de un día; otras máquinas, rozando sobre la atmósfera, transportan hombres alrededor de nuestro Globo en noventa minutos.

Hay una generación de hombres y mujeres para quienes, en su juventud, los planetas eran puntos de luz situados a distancias inconcebibles, y la Luna era el paradigma de lo inalcanzable. Esos mismos hombres y mujeres, en la mitad del camino de su vida, como dijo Dante, han visto a sus congéneres caminar sobre la superficie de la Luna; en su vejez, probablemente verán hombres vagando por la polvorienta superficie de Marte, efectuando viajes iluminados por la estropeada cara de Fobos. Sólo hay una generación de seres humanos en los diez millones de años de historia de la Humanidad que vivirá tal transición. Esa generación aún vive hoy. También éste es el momento de nuestra historia cuando, por primera vez, se ha explorado la totalidad de nuestro planeta, cuando el tribalismo está desapareciendo, cuando se están organizando grandes agrupaciones estatales multinacionales, cuando los asombrosos progresos tecnológicos en las comunicaciones y transportes están erosionando las diferencias culturales entre los diversos sectores de la Humanidad. Pero la diversidad cultural es la forja de la supervivencia de nuestra civilización, así como la diversidad biológica es el auténtico crisol para la supervivencia de la vida misma.

La Tierra está superpoblada, aunque todavía no en sentido literal: nuestra tecnología es la adecuada para mantener cómodamente una población mucho mayor que nuestros actuales tres mil millones y medio aproximadamente. La Tierra está superpoblada en un sentido psicológico. Para aquella fracción de la Humanidad, ambiciosa e inquieta, que ha señalado nuevos senderos para nuestra especie, no hay nuevos lugares a donde ir. Hay lugares dentro de nosotros mismos, pero éste no es el fuerte de tales individuos. Hay cuencas oceánicas, pero todavía no nos hemos dedicado a explorarlas en serio; y cuando lo hagamos, probablemente será para explotarlas con gran rapidez.

Justamente en esta época de nuestra historia tenemos la posibilidad de explorar y colonizar nuestros mundos vecinos del espacio. Nos ha llegado tal oportunidad no demasiado pronto.

El día 12 de octubre de 1992 se cumplirán quinientos años del descubrimiento del «Nuevo Mundo» por Cristóbal Colón. Creo que, en tales momentos, la Humanidad estará empeñada en una empresa muy parecida a la de Colón. Tendremos muchas ventajas sobre él y sobre los marineros de su época. Sabemos perfectamente a dónde vamos y cómo llegar a nuestro punto de destino. El camino habrá sido examinado por innumerables navíos que han llegado allí mucho antes que nosotros. Los senderos estarán correctamente cartografiados. Habrá peligros, por ejemplo, colisiones con asteroides en los viajes que se hagan al exterior del Sistema Solar, o

fallos de tipo mecánico. Pero no habrá temor a deslizarse por el borde del Mundo como temían los marinos de la época de Colón. Y, muy probablemente, no será un Sistema Solar en el que haya zonas de calmas ecuatoriales y monstruos marinos. Sin embargo, nos sentiremos impulsados por el mismo espíritu de aventura que animó a Colón. Así como el descubrimiento y exploración del Nuevo Mundo ejerció efectos irreversibles y profundos en la civilización europea, la exploración y colonización del Sistema Solar provocará permanentes cambios en la historia y desarrollo de la Humanidad.

En mi opinión, la analogía con los épicos viajes por mar de hace siglos es perfecta. Se dio entonces el conjunto de viajes marítimos realizados por Colón, un italiano (?), al servicio de la Corte española. Nuestro inicial conjunto de exploraciones del Apolo en la Luna fue impulsado, en gran parte, por un grupo de ingenieros alemanes expatriados, a la cabeza de los cuales figuraba Wernher von Braun. Después de los cuatro viajes de Colón hubo una especie de vacío, que duró una década o así, y después se produjo un verdadero estallido de actividades exploratorias realizadas por españoles, ingleses, franceses y holandeses, a bordo de navíos que enarbolaban pabellones diferentes.

El *Apolo 17* señaló el fin de las misiones *Apolo* a la Luna. Parece evidente, al menos en los Estados Unidos, que se producirá un vacío de una década o más antes de que se organicen nuevas exploraciones lunares o se sitúen bases en la Luna. La primera orientación del Apolo nunca fue científica. Se concibió en un momento de dificultades políticas para los Estados Unidos. Algunos historiadores han sugerido que los principales motivos que impulsaron al presidente Kennedy a organizar el programa *Apolo* fueron el desviar la atención pública de la vergonzosa derrota sufrida en la Bahía de Cochinos en el intento de invasión de Cuba. En el programa *Apolo* se invirtieron varias decenas de miles de millones de dólares. Si el objetivo hubiera sido la exploración científica de la Luna, se podía haber efectuado más eficazmente, gastando mucho menos dinero y empleando vehículos no dirigidos por el hombre. Las primeras misiones *Apolo* fueron a lugares de poco interés científico porque la seguridad de los astronautas era la primerísima y única preocupación. Tan sólo hacia el final de la serie *Apolo* desempeñaron un papel significativo las consideraciones de carácter científico.

El programa *Apolo* terminó cuando el primer científico pisó la Luna. Harrison «Jack» Schmitt, geólogo, formado en Harvard, fue uno de los dos hombres que tripularon el módulo lunar del *Apolo 17*. Fue el primer científico que estudió la Luna desde su superficie. Resulta irónico que, cuando el programa *Apolo* había logrado este importante progreso en la exploración científica de la Luna, se cancelara. Por consiguiente, el primer científico que pisó la Luna fue el último hombre en llegar a la Luna, al menos en un previsible futuro. No hay proyectos de ninguna clase o misiones con presencia humana para ir de nuevo a la Luna, ni por parte de los Estados Unidos ni tampoco, que nosotros sepamos, por parte de la Unión Soviética.

Las razones para cancelar el programa *Apolo* fueron de orden económico. Sin embargo, el incremento del coste de una misión dada se hallaba en las muchas decenas de millones de dólares que suponía, algo parecido a una milésima parte del costo total del programa *Apolo*. Igual que si yo, en contra de la opinión de mi esposa, comprara un «Rolls-Royce». Ella opina que un «Volkswagen» puede llevarme

también a cualquier sitio, pero yo tengo la impresión de que un «Rolls-Royce» apartaría de mi mente las preocupaciones de mi trabajo. Entonces gasto tanto dinero en la compra del «Rolls» que cuando le conduzco algún tiempo, descubro que no puedo usarlo más porque no puedo permitirme el lujo de llenar el depósito de gasolina, que es aproximadamente la milésima parte del coste de un «Rolls».

Fui uno de los científicos que se opusieron a una temprana misión Apolo. Pero una vez contamos con la tecnología del Apolo, me convertí en decidido partidario de continuarlo. Creo que por dos veces se tomó una decisión equivocada: la primera vez, por optar por realizar las primeras misiones a la Luna con presencia humana y, más tarde, por abandonar tales misiones. Después del *Apolo 11*, los Estados Unidos se quedaron sin ningún programa con presencia humana o sin ella, para proseguir la exploración de la Luna. La Unión Soviética ha perfeccionado, en sus series Luna de naves espaciales sin presencia humana, una capacidad probada para la exploración de la superficie lunar con regreso automático de muestras a la Tierra.

El ejemplo de la primera exploración del Nuevo Mundo sugiere que el vacío en la labor de investigación espacial será sólo temporal. El ensamblaje del Soyuz y Skylab, las estaciones orbitales de la Unión Soviética y de los Estados Unidos, representan un buen augurio de misiones planetarias en común.

El Sistema Solar es mucho más vasto que la Tierra, pero las velocidades de nuestras naves espaciales son, por supuesto, mayores que las velocidades de las carabelas de los siglos XV y XVI. El viaje de una nave espacial desde la Tierra a la Luna es más rápido que el viaje en galeón desde España a las Islas Canarias. El viaje desde la Tierra a Marte costará el mismo tiempo que el viaje de un velero desde Inglaterra a Norteamérica; el viaje desde la Tierra a las lunas de Júpiter requerirá el mismo tiempo que se invertía en el viaje desde Francia a Siam, en el siglo XVIII. Además, la parte del producto nacional bruto de los Estados Unidos o la Unión Soviética que se invierte en el más costoso programa espacial con presencia humana es exactamente comparable al producto nacional bruto gastado por Inglaterra y Francia en los siglos XVI y XVII en sus aventuras exploratorias realizadas con barcos de vela. ¡En términos económicos y en términos humanos, ya hemos efectuado antes tales viajes!

Creo que veremos bases semipermanentes en la Luna para el año 1980, más o menos. En principio, se les proveerá con material y personal de la Tierra, pero poco a poco irán sustentándose por sí mismas, utilizando recursos lunares. Habrá niños que nazcan en tales colonias. Pensarán en la Tierra como en «la antigua patria», un mundo pasado de moda en muchos sentidos, inmovilista, mucho menos libre que las colonias lunares, a pesar de los rigores y represiones tecnológicos de la vida en la Luna.

En el comparativamente próximo futuro, se explorará todo el Sistema Solar mediante vehículos automáticos sin presencia humana. Creo que para las décadas de los años 80 ó 90 veremos la penetración de sondas en las atmósferas de Júpiter y Saturno y Titán (la luna más grande de Saturno), lugares que están, creo yo, muy lejos de ser los más favorables en el Sistema Solar para la vida indígena. Contemplaremos el paso de pequeñas naves espaciales que aterrizarán en los grandes satélites de Júpiter y Saturno, naves que harán viajes incluso hasta Neptuno y Plutón, y veremos asimismo fuertes naves que se lanzarán hacia el Sol, desde

donde transmitirán datos hasta que se hundan y fundan definitivamente en el Infierno interior de la estrella más cercana.

Sin embargo, el posarse seres humanos en los planetas más cercanos no será tan fácil como se había pensado antes. La superficie de Venus, lejos de ser un Edén, es en realidad, como ya hemos visto, algo muy parecido al Infierno. No podemos imaginar la exploración de la superficie de Venus en las próximas décadas. Venus es un planeta con terribles temperaturas, gases nocivos, y presiones atmosféricas aplastantes. Sin embargo, las nubes de Venus están en un medio ambiente benigno; y una alegre sonda, dirigida por el hombre –algo parecido a un globo del siglo XIX, en la que los astronautas trabajen en mangas de camisa y con máscara de oxígeno– no deja de tener su encanto o su interés científico.

Marte es un planeta muy emocionante, de enorme interés en los campos geológico, meteorológico y biológico. Sería muy deseable llevar a cabo una expedición a Marte con presencia humana. Pero existen dos enormes dificultades. Primera, el coste sería fabuloso. El cálculo más aproximado a la verdad sería el de cien mil o doscientos mil millones de dólares. No puedo llegar a creer que tal gasto sea necesario en las próximas décadas, cuando hay tanta miseria en la Tierra que podría paliarse con ese dinero. Sin embargo, y a largo plazo, digamos que en las primeras décadas del siglo XXI, no creo que tal gasto constituya una dificultad insuperable, en especial porque ya se habrán perfeccionado nuevos sistemas de propulsión y de supervivencia en el espacio.

La segunda dificultad es más sutil. Igualmente puede aplicarse esta dificultad a la operación de recoger automáticamente muestras en Marte y hacerlas volver a la Tierra, como lo ha hecho la Unión Soviética en la Luna. Y éste es el peligro de la «contaminación de regreso». Precisamente a causa de que Marte tiene un medio ambiente de gran interés biológico potencial es posible que en Marte haya gérmenes patógenos, organismos que si se transportan al medio ambiente terrestre podrían provocar enormes daños biológicos, una plaga marciana parecida a lo que relata H. G. Wells en *La guerra de los Mundos*, pero al revés. Éste es un punto extremadamente grave. Por una parte, podemos alegar que los organismos marcianos no pueden provocar graves problemas a los organismos terrestres, porque no ha habido contacto biológico durante cuatro mil millones de años entre ambos organismos. Por otra parte, también podemos alegar que los organismos terrestres no han desarrollado defensas contra unos potenciales gérmenes patógenos marcianos, precisamente por esa falta de contacto antes mencionada. La posibilidad de tal infección puede ser muy pequeña, pero el peligro, si se produjera, sería enorme. Es preciso recordar aquí que el exterminio de las poblaciones nativas de Santo Domingo y Tahití se produjo en los primeros tiempos de las exploraciones mediante navíos a vela. Entre los regalos llevados por Colón al Nuevo Mundo estaba la viruela.

No sirve de nada alegar que las muestras se pueden traer a la Tierra con toda seguridad o a una base situada en la Luna, y así no se correría ningún peligro. La base lunar estará enviando y recibiendo pasajeros terrestres y lo mismo sucederá con una gran estación orbital terrestre. La única lección clara que obtuvimos en nuestra experiencia de aislar las muestras lunares traídas por el Apolo, es que los controladores de la misión no desean arriesgar el seguro malestar de un astronauta

—no importa su muerte— contra la remota posibilidad de una epidemia global. Cuando el *Apolo 11*, primera nave espacial que alunizó con éxito, manejada por el hombre, regresó a la Tierra —era idónea como nave para el espacio, pero no para el mar—, inmediatamente se violó el protocolo de la proyectada cuarentena. Se consideró que era mejor abrir la escotilla del *Apolo 11* al aire del océano Pacífico y, según lo entendimos nosotros, exponer la Tierra a gérmenes patógenos lunares, antes que poner en peligro a tres mareados astronautas. Tan poca atención se prestó a la cuarentena que la grúa del portaaviones que había de alzar a bordo la cápsula cerrada, a última hora, o, mejor, en el último minuto, resultó ser muy poco segura. El éxito del *Apolo 11* se escenificó en el mar abierto.

También existe el irritante peligro del estado latente. Si exponemos los organismos terrestres a los gérmenes patógenos marcianos, ¿cuánto debemos esperar antes de que podamos convencernos de que entendemos perfectamente la relación entre ambos organismos? Por ejemplo, el período latente de la lepra es de una década o algo más. A causa de este peligro de contaminación «de regreso», creo firmemente que los aterrizajes humanos en Marte deben demorarse hasta principios del siglo próximo, tras haberse llevado a cabo todo un concienzudo programa de exobiología y epidemiología terrestre sin presencia humana.

Llego a esta conclusión de mala gana. A mí, personalmente, me agrada tomar parte en la primera expedición del hombre a Marte. Pero primero se necesita llevar a cabo un detallado y cuidadoso programa de exploración biológica en Marte, naturalmente, sin la presencia de los hombres. La probabilidad de que existan gérmenes es sumamente pequeña, pero no podemos poner en peligro a mil millones de vidas. Sin embargo, creo que la gente pisará la superficie marciana muy cerca del comienzo del siglo XXI.

Más allá de eso, hoy día es posible calcular o, más bien, imaginar una más amplia exploración y colonización. Las grandes lunas de Júpiter, y Titán, la luna más grande de Saturno, son mundos principales por derecho propio. Se sabe que Titán tiene una atmósfera mucho más densa que la de Marte. Estas cinco lunas muestran en sus superficies grandes cantidades de hielo. Para hacer estos mundos más habitables, se podrán horadar sus hielos para combustible, para la producción de alimentos y para la generación de atmósferas. Se han sugerido esquemas parecidos para reformar Marte y Venus, y probablemente se perfeccionarán y llevarán a la práctica (véase el capítulo 22). En los dos próximos siglos surgirán posibilidades aún más exóticas, que sin duda alguna estarán al alcance de la capacidad humana. Entre tales posibilidades figuran las de establecer bases en los asteroides y en cometas.

Al cabo de otro siglo aproximadamente, se habrán desarrollado nuevas formas o métodos de propulsión dentro del Sistema Solar. Uno de los más atractivos es el de la navegación solar a vela, el uso de los protones y electrones del viento solar para viajar por el Sistema. Se necesitarán velas enormes para tal empresa, pero pueden ser sumamente finas. Podemos imaginar una nave espacial rodeada por decenas de miles de finas velas doradas, delicada y exquisitamente izadas para recoger el viento solar. Unas remotas estaciones científicas vigilarán las ráfagas o rachas producidas por las llamas solares. Alejarse del Sol será cosa fácil, pero acercarse a él resultará más difícil.

También en el próximo siglo se fabricarán naves que empleen fuerza eléctrica solar y fusión nuclear.

Dentro de dos o tres siglos más, y suponiendo que incluso nuestra capacidad tecnológica no haya progresado mucho, imagino que todo el Sistema Solar ya habrá sido explorado por completo, al menos en la misma medida en que ha sido explorada la Tierra hasta ahora. Más tarde, no hay duda de que se iniciará una reforma de nuestro Sistema Solar más saludable, primero lentamente y después a mayor velocidad, proyectos de reforma con objeto de mover los planetas y disponer sus masas a conveniencia de la Humanidad, de sus descendientes y de sus invenciones.

Por entonces –probablemente antes–, podemos haber entrado ya en contacto con otras civilizaciones avanzadas en la Galaxia. O quizá no. En todo caso, dentro de unos cuantos siglos estaremos, preparados para dar el siguiente paso.

El *Pioneer 10* es la primera sonda interestelar lanzada por la Humanidad. También fue la sonda más rápida lanzada hasta la fecha de su partida. Pero todavía tardará ochenta mil años en llegar a la estrella más cercana. Como el espacio está tan vacío, jamás entrará en otro Sistema Solar. El pequeño mensaje dorado que va a bordo del *Pioneer 10* será leído, pero tan sólo si hay viajeros interestelares capaces de detectar e interceptar al *Pioneer 10*.

Creo que puede suceder esto, pero realizado por viajeros interestelares del planeta Tierra que detendrán y examinarán este viejo artilugio espacial, como si la carabela *La Niña*, con su tripulación comentando las posibilidades de caer por el borde del mundo, fuese interceptada en las islas Azores por el portaaviones *John F. Kennedy*.



Figura humana y campo estelar. Un dibujo de Robert McIntyre.



## Tercera parte: Mas allá del sistema solar

*Danzar bajo el diamantino cielo  
con una mano libre, saludando...*

**Bob Dylan**

*Mr. Tambourine Man*

## 24. Algunos de mis mejores amigos son delfines



Tres delfines conversando con el autor. Fotografía del autor.

La primera conferencia científica sobre el tema de las comunicaciones con inteligencias extraterrestres fue un pequeño acontecimiento apadrinado por la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, en Green Bank, West Virginia. Se celebró en 1961, un año después del Proyecto Ozma, el primer intento (fallido) de escuchar posibles señales de radio procedentes de civilizaciones en planetas de otras estrellas. A continuación se celebraron otras dos reuniones parecidas en la Unión Soviética, patrocinadas por la Academia de Ciencias Soviética. Más tarde, en septiembre de 1971, se celebró una conferencia conjunta ruso-americana sobre la comunicación con inteligencias extraterrestres, en Byurakan, Armenia Soviética (véase capítulo 27). La posibilidad de una comunicación con inteligencias extraterrestres, al menos ahora, es semirrespetable, pero en 1961 se precisaba tener mucho valor para organizar semejante reunión. Hay

que conceder mérito y honores al doctor Otto Struve, director del National Radio Astronomy Observatory, que fue quien organizó la reunión de Green Bank.

Entre los invitados a la reunión figuraban el doctor John Lilly, que entonces pertenecía al Instituto de Investigación de Comunicaciones, de Coral Gables, Florida. Lilly se hallaba allí a causa de su trabajo relacionado con la inteligencia de los delfines y, en particular, con sus esfuerzos por comunicarse con ellos.

Existía la impresión de que este esfuerzo por comunicarse con los delfines –el delfín, probablemente, es otra de las especies inteligentes de nuestro planeta– era comparable, en alguna medida, a la tarea con que nos enfrentamos tratando de ponernos en comunicación con especies inteligentes de otro planeta mediante una comunicación de radio interestelar. Creo que será mucho más fácil comprender los mensajes interestelares, si alguna vez los captamos, que llegar a comprender los mensajes de los delfines (véase capítulo 19), si es que en realidad tales mensajes existen.

La supuesta relación entre los delfines y el espacio la dramaticé yo más tarde en la laguna que hay en el exterior del Vertical Assembly Building, en Cabo Kennedy, cuando esperaba el lanzamiento del *Apolo 17*. Un delfín nadaba pacíficamente de acá para allá, y de vez en cuando saltaba fuera del agua, examinando con curiosidad el iluminado y enorme proyectil Saturno preparado para su lanzamiento al espacio. ¿Quizá observándonos a todos?

Muchos de los participantes en la reunión de Green Bank se conocían mutuamente. Pero Lilly era, para todos nosotros, una nueva entidad. Sus delfines eran fascinantes y resultaba muy atractiva, por supuesto, su posible comunicación con ellos. (La reunión llegó a ser memorable a causa de que durante, su celebración se anunció desde Estocolmo que a uno de los participantes, Melvin Calvin, le habían concedido el premio Nobel de Química.),

Por muchas razones, deseábamos conmemorar la reunión y mantener cierta libre coherencia como grupo. Sintiéndonos enormemente interesados por los relatos que nos hacía Lilly sobre los delfines, nos bautizamos a nosotros mismos como «*La Orden de los Delfines*». Calvin tenía un alfiler de corbata como emblema de la sociedad recientemente fundada. Era una reproducción de una moneda que existe en el museo de Boston, una antigua moneda griega en la que aparece un muchacho sobre un delfín. Serví como una especie de coordinador de correspondencia las pocas veces que se celebró alguna reunión o acontecimiento «*Delfín*», sobre todo durante la elección de nuevos miembros. Al año siguiente, elegimos unos cuantos: entre ellos, a I. S. Shklovskii, Fremman Dyson, y J. B. S. Haldane. Este último me escribió diciéndome que una sociedad que carecía de obligaciones, reuniones, periódicos, o responsabilidades era, precisamente, la sociedad que más apreciaba; prometió ponerse a la altura de los acontecimientos.

Bien, la «*Orden de los Delfines*» es, en la actualidad, una sociedad moribunda. Ha sido remplazada por cierto número de actividades a escala internacional. Sin embargo, para mí, la «*Orden de los Delfines*» tuvo un significado especial: me proporcionó la ocasión de reunirme y charlar con los delfines, e incluso, en cierta medida, hacer amistad con ellos.

Entonces, yo tenía la costumbre de pasar una semana o dos durante el invierno en el Caribe, buceando con equipo de oxígeno y sin él, examinando a los habitantes, no mamíferos, de aquellas aguas. A causa de mis conocimientos y, más tarde, amistad con John Lilly, también pude pasar algunos días con sus delfines, en Coral Gables y en su estación de investigaciones de St. Thomas en las Islas Vírgenes.

Su instituto, ahora desaparecido, realizó, sin duda alguna, una buena labor sobre los delfines, incluyendo la realización de un importante atlas del cerebro del delfín. Aunque aquí exprese ciertas críticas sobre algunos aspectos científicos del trabajo de Lilly, sin embargo, deseo expresar mi admiración hacia cualquier intento serio de estudiar los delfines y en particular hacia los pioneros esfuerzos de Lilly en este terreno. Desde entonces, Lilly se dedicó a otra tarea: la de investigar la mente humana desde su interior, desarrollo de la consciencia, producida por medios farmacológicos y no farmacológicos.

Conocí por vez primera a *Elvar* en el invierno de 1963. La investigación sobre los delfines se había limitado mucho a causa de la sensible piel de estos mamíferos; sólo el desarrollo de tanques de polímeros plásticos permitió una residencia a largo plazo de los delfines en laboratorio. Me sorprendió mucho comprobar que el Instituto de Investigación de Comunicación se hallaba instalado en lo que había sido anteriormente un Banco, y así, casi llego a imaginar un tanque de poliestireno en cada ventanilla de cajero con delfines contando dinero. Antes de presentarme a *Elvar*, Lilly insistió en que me pusiera un impermeable de plástico, a pesar de mis protestas de que no lo consideraba necesario. Entramos en una estancia de regular tamaño. En un rincón había un gran tanque de plástico. Inmediatamente, vi a *Elvar* con la cabeza fuera del agua. Nadó despacio hasta el costado más próximo del tanque, y John, como perfecto anfitrión, dijo:

«*Carl, éste es Elvar; Elvar, éste es Carl.*»

*Elvar* lanzó la cabeza hada delante y, un segundo antes de sumergirse, lanzó un chorro de agua sobre una de mis sienes. Después de todo, era cierto que necesitaba un impermeable. John dijo:

«*Bien, ya veo que comenzáis a entablar amistad.*»

Y, acto seguido, se retiró.

Yo ignoraba totalmente las acciones recíprocas sociales delfín-ser humano; así que me aproximé al tanque con toda la calma e indiferencia que pude adoptar y murmuré algo así como:

«¡Hola, *Elvar!*»

Inmediatamente, *Elvar* giró sobre sí mismo y se puso boca arriba, dejando al descubierto su vientre de color grisáceo. Era como un perro que deseara que le rascaran amorosamente. Así lo hice. Le gustó, o al menos, así lo creí.

Los delfines, con su nariz parecida al cuello de una botella, parecen mostrar eternamente una estereotipada sonrisa como los gerentes de hotel.

Al cabo de un rato, *Elvar* nadó hacia el lado opuesto del tanque y luego regresó, presentándose de nuevo el vientre, pero esta vez asomando a la superficie del agua sólo unos cuantos centímetros. Evidentemente, deseaba que le rascara de nuevo.

La operación me resultaba un tanto dificultosa, ya que debajo del impermeable llevaba camisa, corbata y chaqueta. No deseando mostrarme poco cortés, me quité el impermeable, hice lo mismo con la chaqueta y me subí los puños de la camisa, sin desabrocharlos, un poco más arriba de las muñecas. Luego me puse de nuevo el impermeable, mientras que aseguraba a *Elvar* que volvería a rascarle inmediatamente, cosa que hice a pocos centímetros sobre la superficie del agua. Una vez más, pareció agradaarle. Pasaron unos segundos; el delfín nadó otra vez hacia el extremo más alejado y luego regresó de nuevo, pero esta vez mostrando el vientre unos 30 cm sobre la superficie. Lo cierto era que mi cordialidad estaba agotándose rápidamente, pero también me pareció que *Elvar* y yo estábamos comunicándonos de alguna forma. Así, una vez más, me quité el impermeable, enrollé las mangas de la camisa, me puse de nuevo el impermeable, y atendí a *Elvar*. En la siguiente secuencia *Elvar* apareció asomando el vientre sobre la superficie del agua unos 15 cm, esperando mi masaje. Podría haber extendido una mano para acariciarle, si en aquel momento me hubiera sentido dispuesto a quitarme de nuevo el impermeable, pero la cosa estaba llegando demasiado lejos. Así que permanecimos mirándonos mutuamente –hombre y delfín–, con un metro de agua entre los dos. De repente, *Elvar* saltó sobre el agua hasta que su cola sólo tocó la superficie. Se agitó en el aire y, acto seguido, su garganta lanzó un raro sonido, algo parecido al lamento del pato Donald. Creí, entonces, que *Elvar* acababa de decir:

«¡Más!»

Salí de la estancia; encontré a John entretenido con un equipo electrónico y le anuncié, con cierta emoción, que *Elvar*, al parecer, había gritado:

«¡Más!»

John se mostró lacónico.

–¿Lo dijo en un contexto?

–Sí, creo que sí.

–Bueno, ésa es una de las palabras que conoce.

John creía que *Elvar* había aprendido unas docenas de palabras en inglés. Que yo sepa, hasta ahora ningún ser humano ha aprendido una sola palabra en «delfines». Quizás esto perfila de algún modo la relativa inteligencia de las dos especies.

Desde los tiempos de Plinio, la historia humana ha estado llena de historias sobre una extraña y fraternal relación entre seres humanos y delfines. Existen innumerables relatos que nos hablan de delfines que salvaron a seres humanos a punto de ahogarse, y de delfines que protegieron a seres humanos cuando éstos estaban a punto de ser atacados por otros depredadores marinos. Recientemente, en 1972, se publicó en el *New York Times* que dos delfines habían protegido a una mujer de veintitrés años contra los tiburones que la rodeaban en alta mar. La mujer había naufragado en el Océano Índico y se había visto obligada a nadar durante

unos 40 km antes de alcanzar la costa. Los delfines la habían protegido y escoltado durante todo el tiempo. Los delfines son motivo dominante en el arte de la mayor parte de las antiguas civilizaciones mediterráneas, incluidas la nabatea y la minoica. La moneda griega que Melvin Calvin había duplicado para nosotros es una expresión de esta antigua relación.

Lo que les gusta a los seres humanos de los delfines es evidente. Son animales amistosos y fieles; a veces nos proporcionan comida (algunos delfines han reunido diferentes clases de peces en beneficio de los pescadores), y de vez en cuando nos salvan la vida. Sin embargo, no está muy claro por qué los delfines se sienten atraídos por los seres humanos. Más adelante, en este mismo capítulo, hablaré de lo que nosotros les proporcionamos a ellos, estímulo intelectual y diversión auditiva.

John conocía multitud de anécdotas sobre delfines de primera o segunda mano. Recuerdo en particular tres relatos. En uno, un delfín había sido capturado en alta mar e izado a bordo de una pequeña embarcación para ir a parar a un tanque de plástico, desde el cual comenzó a lanzar una larga serie de diferentes sonidos ante sus captores, sonidos que imitaban silbidos, bufidos, etc.. A veces, gritaba imitando a una gaviota, otras, al silbato de un tren; en fin, todos ellos ruidos de la costa y de tierra firme. El delfín había sido capturado por criaturas terrestres e intentaba charlar como ellas, como era de esperar de un invitado cortés.

Los delfines producen la mayor parte de sus sonidos mediante su orificio de «escape», que produce el chorro de agua en sus primas las ballenas, de las que son ejemplares anatómicos en miniatura.

En otro relato, a un delfín, que había permanecido cautivo durante algún tiempo, se le dejó en libertad y luego fue seguido.

Cuando entró en contacto en alta mar con un grupo de otros delfines, el ex cautivo inició una larga serie de sonidos. ¿Acaso les daba información sobre su cautiverio?

Además de su dispositivo de localización de sonidos —eficaz sistema de sonar submarino—, los delfines emiten una especie de silbido, algo parecido al ruido que producen los goznes resecaos de una puerta cuando ésta se abre, y el ruido que hacen cuando imitan el modo de hablar humano, como en el «¡Más!» de *Elvar*. Son capaces de emitir tonos muy puros, y se sabe que hay parejas de delfines que emiten tonos de la misma frecuencia y fase diferente, de manera que se da el fenómeno de «batido» de onda física. Este sonido de batido es muy divertido. Si los seres humanos pudiesen cantar o emitir tonos puros, estoy seguro de que durante horas nos divertiríamos «batiendo».

Existen pocas dudas sobre el hecho de que los silbidos son ruidos que emplean los delfines para comunicarse entre sí. Oí lo que me pareció eran silbidos suplicantes en St. Thomas, emitidos por un delfín muy joven y macho, llamado Peter, al que habían aislado de dos hembras adolescentes. Los tres se lanzaban mutuamente una larga serie de diferentes silbidos. Cuando los reunieron en un solo tanque, su actividad sexual fue prodigiosa. Entonces casi dejaron de silbar.

La mayor parte de comunicación que he podido escuchar entre delfines pertenece a la variedad de «puerta chirriante», por así decirlo. Los delfines se sienten atraídos

por los seres humanos que producen ruidos parecidos. Por ejemplo, en marzo de 1971, en un estanque de delfines en Hawái, me pasé cuarenta y cinco minutos de animada conversación de «puerta chirriante» con varios delfines, al menos con algunos de los cuales me parecía estar diciendo algo interesante. En «delfinés», puede que fuera una auténtica estupidez, pero lo cierto es que yo atraía su atención.

En otro momento, John me contó lo que hacía con los delfines en la adolescencia y con tendencias sexuales para separar el macho de la hembra durante el fin de semana cuando no habría experimentos. De lo contrario, harían lo que John denominaba con suma delicadeza como «irse de luna de miel», lo que por muy deseable que fuera para los delfines les dejaba en malas condiciones para los experimentos del lunes por la mañana.

Los delfines pasaban de un tanque grande a otro más pequeño a través de una pesada puerta que se deslizaba verticalmente, y así quedaban separados. En una mañana de lunes, John encontró la puerta tal y como debía estar, pero en el tanque grande se hallaban juntos los dos delfines de sexo opuesto. *Elvar* y *Chi-Chi* habían salvado la barrera que los separaba. Se habían ido de luna de miel. El protocolo experimental de John tenía que esperar y John estaba muy enfadado. ¿Quién había olvidado separar a los delfines en la tarde del viernes? Pero todo el mundo recordaba que los delfines habían sido separados y la puerta cerrada adecuadamente.

Como prueba, los experimentadores repitieron la operación. Separaron a *Elvar* y a *Chi-Chi* y cerraron la pesada puerta, a la vez que tenían lugar las normales despedidas del viernes en voz alta, cierre de puertas del edificio con cierta fuerza y ruido de pasos que se alejaban. Pero desde un lugar oculto permanecieron observando a los delfines cuidadosamente. Cuando todo estuvo en silencio, ambos animales se encontraron en la barrera de alambre y se frotaron el morro varias veces emitiendo sonidos de puerta chillona. Entonces *Elvar* empujó la puerta hacia arriba desde una esquina hasta que quedó acuñada. *Chi-Chi*, desde el otro lado, empujó hacia arriba por la esquina opuesta.

Lentamente lograron alzar la puerta. *Elvar* atravesó el umbral nadando para ser recibido por los abrazos («aletazos» no es la palabra más correcta) de su compañera. Luego, según el relato de John, los que se hallaban observándoles anunciaron su presencia mediante silbidos y gritos... hasta que, mostrando cierto embarazo, *Elvar* se alejó nadando hacia la parte que le correspondía del tanque, y los dos delfines hicieron descender la pesada puerta trabajando con el morro desde ambos lados.

Este relato posee carácter humano hasta el punto de que en él se muestra lo que podríamos denominar un tanto de culpabilidad victoriana, que lo creo muy poco probable. Pero hay en los delfines muchas cosas que parecen poco probables.

Quizá yo sea una de las pocas personas que ha recibido una «proposición» de un delfín. El relato necesita volver un poco atrás. Fui a St. Thomas un invierno para nadar y visitar el establecimiento del delfines de Lilly que entonces dirigía Gregory Bateson, un inglés que sentía profundo interés por la antropología, psicología y comportamiento animal y humano. Mientras cenaba con algunos amigos en un restaurante situado en la cima de una montaña entablamos conversación con la

propietaria del restaurante, una joven llamada Margaret. Me describió qué aburridos y poco interesantes eran sus días (sólo trabajaba por las noches en el establecimiento). Aquel mismo día, por la mañana, Bateson me había contado las dificultades que encontraba para poder disponer de ayuda en sus investigaciones del programa «Delfín». Por tanto, no fue difícil presentarles. Muy pronto, Margaret estuvo trabajando con los delfines.

Cuando Bateson dejó St. Thomas, Margaret se convirtió, por el momento, en director de la estación de investigación.

En el curso de su trabajo, Margaret llevó a cabo un notable experimento, que se describe con algún detalle en el libro de Lilly, *La mente del delfín*. Comenzó a vivir casi todo el día muy cerca del estanque donde *Peter*, el delfín, nadaba plácidamente.

El experimento de Margaret tuvo lugar no mucho antes del incidente a que me refiero; estuvo relacionado con la actitud de Peter hacia mí.

Estaba yo nadando, en compañía de *Peter*, en un gran estanque interior. Cuando lanzaba hacia *Peter* la gran pelota de plástico, el delfín buceaba, y luego, con el morro, me la devolvía con absoluta seguridad.

Al cabo de un rato de estar jugando de esta manera, las devoluciones de *Peter* fueron haciéndose más inseguras, obligándome a nadar hacia un lado del estanque y luego hacia otro para alcanzar la pelota. Inmediatamente me di cuenta de que *Peter* había decidido lanzar la pelota a unos 5 ó 6 m de distancia de donde yo me encontrara en tales momentos.

*Peter* había cambiado las reglas del juego.

*Peter* estaba realizando conmigo un experimento psicológico: saber hasta qué extremo llegaría yo para continuar cogiendo trabajosamente la pelota. Era la misma clase de prueba psicológica que *Elvar* había llevado a cabo en nuestro primer encuentro. Tal prueba es una muestra de los vínculos que unen a los delfines con los seres humanos. Somos una de las pocas especies que tienen pretensiones de poseer conocimientos psicológicos; por tanto, también somos una de las pocas que, sin embargo, y aunque sea inadvertidamente, permitimos que los delfines lleven a cabo con nosotros experimentos psicológicos.

Como había ocurrido en mi primera entrevista con *Elvar*, vi lo que estaba sucediendo y decidí que ningún delfín iba a experimentar conmigo psicológicamente. Así pues, retuve la pelota y, simplemente, comencé a nadar de acá para allá. Alrededor de un minuto después, *Peter* nadó con rapidez hacia mí y me rozó con su cuerpo empleando cierta fuerza. Esta vez sentí que algo sobresalía del cuerpo de Peter y que me tocaba suavemente al pasar. Cuando lo hizo por tercera vez, inmediatamente me di cuenta de lo que estaba ocurriendo. No se trataba de una de sus aletas de cola, no... y en el acto me sentí como una de esas tías solteronas a la cual un varón hace una propuesta poco adecuada. Por supuesto, no estaba preparado para cooperar en tal sentido y acudieron a mi mente gran número de frases de disculpa como, por ejemplo: «¿Es que no conoces por ahí a ninguna bonita hembra?» Pero *Peter* continuó mostrándose alegre y sin ofenderse lo más



mínimo por mi falta de respuesta a sus proposiciones. (Es posible que pensara que yo era demasiado estúpido como para entender aquel mensaje suyo.)

*Peter* llevaba algún tiempo separado de las hembras y, en una época no muy lejana, se había pasado muchos días en íntimo contacto, incluyendo el sexual, con Margaret, otro ser humano. No creo que haya ningún vínculo sexual que justifique el afecto que los delfines sienten por los seres humanos, pero el incidente, sin duda, tiene cierto significado. Incluso en lo que nosotros describimos piadosamente con «bestialismo» sólo hay unas pocas especies que, según tengo entendido, son utilizadas por los seres humanos en actividades sexuales; estas especies pertenecen a la clase que los humanos han domesticado.

Me pregunto si algunos delfines albergan el pensamiento de domesticarnos a nosotros.

Las anécdotas sobre delfines siempre son tema de conversación en muchas reuniones de carácter social y también fuente de polémica y discusión. Una de las dificultades que he descubierto en la investigación sobre el lenguaje de los delfines y su inteligencia fue, precisamente, esta fascinación que ejercen las anécdotas; pero lo cierto es que nunca se han llevado a cabo pruebas que sean auténticamente científicas.

Por ejemplo, repetidas veces insistí en que se debía hacer el siguiente experimento: Se introduce al delfín A en un tanque que está equipado con dos audiomicrofonos. Cada hidrófono está unido a un suministrador automático de pescado que puede arrojar sabrosa comida a los delfines. En uno de los micrófonos suena música de Bach y en otro, música de los «Beatles». La música de una u otra clase ha de sonar al azar. Siempre que el delfín A se acerque hasta el micrófono idóneo —supongamos el que está difundiendo música de los «Beatles»— se le recompensa con un pez. Creo que no hay duda de que cualquier delfín, debido a su gran interés, podrá distinguir pronto entre Bach y los «Beatles». Pero ésta no es la parte más importante del experimento. Lo que sí es significativo es el número de ensayos que se hagan antes de que el delfín A se convierta en elemento sofisticado, es decir, que en todo momento sepa que si desea un pez ha de acudir al lugar donde suenan los «Beatles».

A continuación, se separa al delfín A de los micrófonos mediante una barrera de plástico con ancho enrejado. El animal puede ver a través de la barrera, oler y saborear, y, lo más importante, puede oír y «hablar» a través de ella también. Pero no puede atravesarla nadando. Entonces se introduce al delfín B en la zona de los micrófonos. El delfín B es todavía un novato, es decir carece aún de experiencia en lo que concierne a los suministradores automáticos de comida submarinos, a Bach o a los «Beatles». A diferencia de la bien conocida dificultad en hallar «ingenuos» condiscípulos de colegio con quienes efectuar experimentos con la *Canabis sativa*, no debe existir dificultad alguna en encontrar delfines con total falta de experiencia de Bach y «Beatles». El delfín B debe pasar por el mismo método de aprendizaje que pasó el delfín A. Pero ahora, cada vez que el delfín B (al principio al azar) alcanza el éxito, no solamente se le premia con un pez, sino que también se arroja otro pez al delfín A, que en tales momentos está siendo testigo del aprendizaje del delfín B. Si el delfín A tiene hambre, es muy probable que comunique al delfín B lo que sabe sobre Bach y los «Beatles». Si el delfín B está hambriento, prestará

atención a la información que le suministra el delfín A. Por lo tanto la cuestión es: El delfín B, ¿muestra una curva de inteligencia más elevada que la del delfín A? ¿Alcanza el nivel de entendimiento en menos pruebas o en menos tiempo?

Si tales experimentos se repitieran muchas veces y se comprobara que las curvas de aprendizaje del delfín B, fuesen estadísticamente más significativas que las del delfín A, se habría establecido el hecho evidente de que entre ambos delfines se había dado una comunicación de información moderadamente interesante. Podría ser una descripción verbal de la diferencia entre Bach y los «Beatles» en mi opinión, tarea difícil, pero no imposible, o, simplemente, podría ser que sólo se estableciera una distinción entre la izquierda y la derecha en cada prueba hasta que el delfín B la capta. Por supuesto, éste no es el mejor método para probar la comunicación entre dos delfines, pero es típica de una enorme gama de experimentos que se podrían llevar a cabo. La verdad es que lamento mucho que hasta la fecha, que yo sepa, no se haya practicado ninguno de ellos.

El tema de la inteligencia del delfín ha tenido para mí especial importancia en los últimos años, sobre todo cuando se desarrolló el caso de las ballenas jorobadas. En un notable conjunto de experimentos, Roger Payne, de la Rockefeller University, situó hidrófonos a una profundidad de algunas decenas de metros en el Caribe para tratar de grabar los cantos de las ballenas jorobadas, miembro, con los delfines, de la clase taxonómica de los cetáceos. Estas ballenas emiten sonidos sumamente bellos y complejos, que se expanden bajo la superficie del océano a considerable distancia y que, al parecer, son de gran utilidad social dentro y entre las escuelas de ballenas, animales sociales muy gregarios.

El tamaño del cerebro de las ballenas es mucho mayor que el de los seres humanos. Sus cortezas cerebrales presentan circunvoluciones. Por lo menos, son tan sociales como los seres humanos. Los antropólogos creen que el desarrollo de la inteligencia humana depende críticamente de estos tres factores: tamaño del cerebro, circunvoluciones cerebrales, y acción recíproca social entre los individuos. Aquí tenemos una clase de animales en los cuales las tres condiciones que conducen a la inteligencia humana puede ser que se den con creces y, en algunos casos, se rebasen largamente.

Pero como las ballenas y los delfines no tienen manos, tentáculos u otros órganos táctiles, su inteligencia no puede determinarse en términos de tecnología. ¿Qué hay en todo esto? Payne ha grabado ejemplos de canciones muy largas cantadas por la ballena jorobada, hasta el extremo de que algunas de ellas duran hasta media hora o más. Unas cuantas parecen repetirse, virtualmente fonema por fonema; poco después, todo el ciclo de sonidos vuelve a oírse una vez más. Algunas de las canciones se han grabado comercialmente y se pueden conseguir en discos de la CRM Records (SWR-II). Calculo que el número aproximado de bits (véase capítulo 34) de información (preguntas individuales si/no necesarias para caracterizar la canción) en una canción de ballena de media hora de duración, oscila entre un millón y cien millones. A causa de la elevada variación de frecuencia en estas canciones, supuse que la frecuencia es importante en el contenido de la canción, o, dicho de otra manera, que el lenguaje de la ballena es tonal. Si no lo es tanto como sospecho, el número de bits de información en tal canción puede descender por un factor de diez. Ahora, un millón de bits es aproximadamente el número de bits que

contiene *La Odisea* o las *Eddas* de Islandia. (También es improbable que, en las pocas excursiones hidrofónicas realizadas en el terreno de las vocalizaciones cetáceas, se haya grabado la más larga de tales canciones.)

¿Es posible que la inteligencia de los cetáceos se encauce al equivalente de la poesía épica, historia, y elaborados códigos de interacción social? ¿Son las ballenas y los delfines como Homeros humanos antes de la invención de la escritura, relatando grandes hazañas realizadas en años pasados en las profundidades y remotos lugares del mar? ¿Hay una especie de *Moby Dick* al revés, una tragedia desde el punto de vista de una ballena, de un implacable enemigo, de ataques no provocados, por extrañas bestias de madera y metal que surcan los mares cargadas con seres humanos?

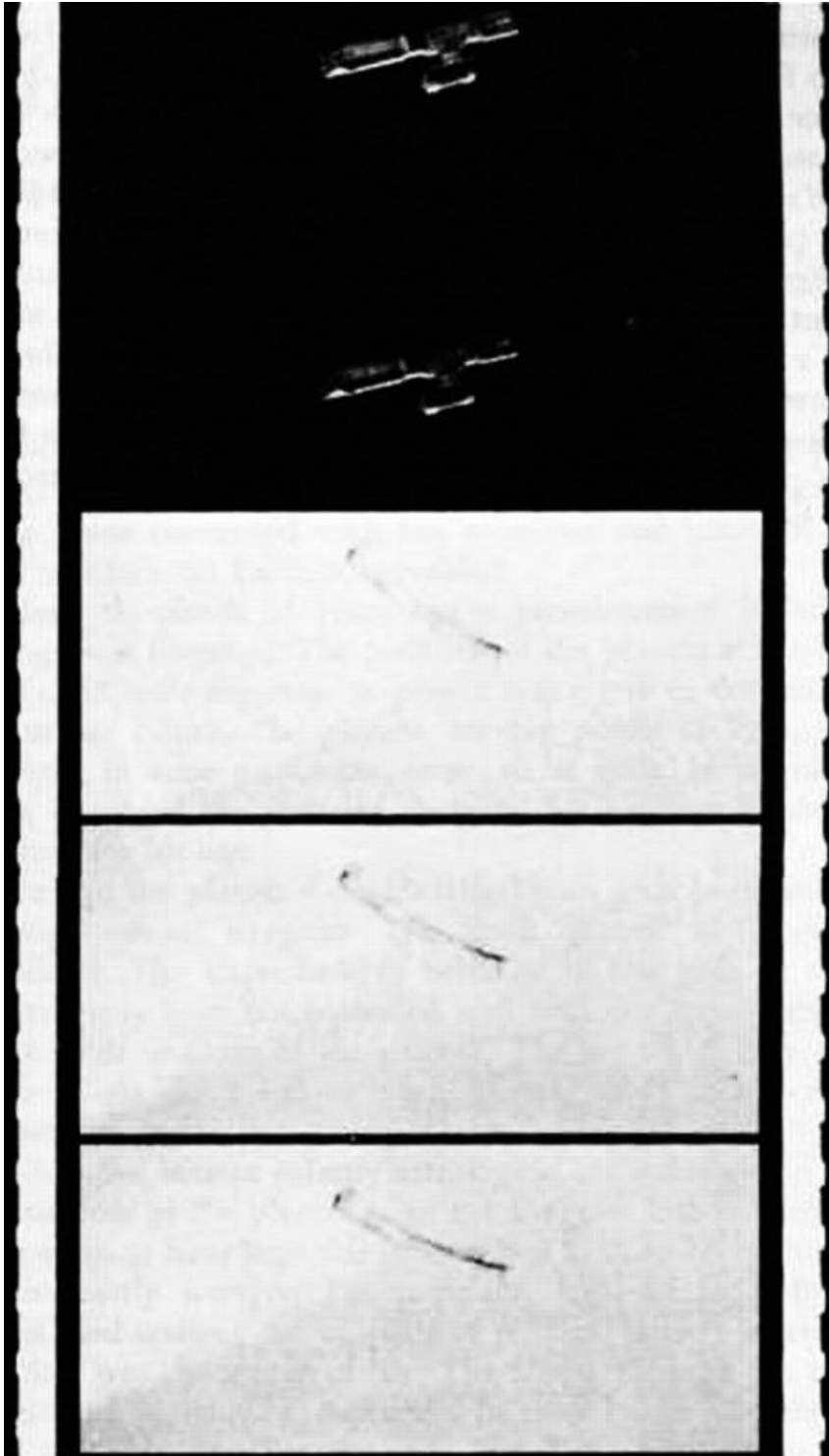
Los cetáceos constituyen para nosotros una importante lección. La lección no se centra sobre ballenas y delfines, sino sobre nosotros mismos. Por lo menos, se dispone de pruebas moderadamente convincentes de que hay otra clase de seres inteligentes en la Tierra además de nosotros. Se comportan benignamente y, a veces, hasta nos muestran afecto. Sistemáticamente, les hemos eliminado. Hay un monstruoso y bárbaro comercio con los esqueletos y fluidos vitales de las ballenas. Se extrae el aceite para fabricar lápices de labios, lubricantes industriales, y para otros propósitos, aun cuando esto tenga cierto sentido económico marginal, pues hay lubricantes muy eficaces de otra clase. Pero, ¿por qué hasta hace muy poco tiempo no se alzaron gritos en contra de esta carnicería? ¿Por qué tan poca compasión hacia las ballenas?

Es evidente que existe muy poco respeto por la vida en la industria ballenera, subrayando una profunda debilidad humana que, sin embargo, no se limita sólo a las ballenas. En la guerra, hombre contra hombre, es corriente que cada bando deshumanice al otro, de manera que no haya ninguno de los naturales recelos o temores que un ser humano siente al matar a otro. Los nazis alcanzaron este objetivo declarando a pueblos enteros *untermenschen*, subhumanos. Entonces estaba permitido, tras semejante clasificación, privar a estos pueblos de sus libertades civiles, esclavizarlos y asesinarlos. El ejemplo de los nazis es el más monstruoso, pero no el más reciente. Podrían citarse muchos otros casos. En cuanto se refiere a los americanos, la encubierta reclasificación de otros pueblos como *untermenschen* ha sido el lubricante de la maquinaria militar y económica desde las tempranas guerras contra los indios americanos hasta nuestras más recientes complicaciones militares, pero herederos de una antigua cultura, donde se les ha descrito y describe como simios, cerdos salvajes, diablos amarillos, ojos oblicuos, etc., es decir, toda una letanía de deshumanización, para que nuestros soldados y aviadores se sintieran más cómodos al liquidarlos.

Esta deshumanización se hace mucho más fácil mediante la guerra automatizada y destrucción aérea de objetivos invisibles. Aumenta la «eficiencia» de la guerra, porque socava nuestras simpatías hacia nuestros congéneres. Si no vemos a quienes matamos, no nos sentimos tan culpables de asesinato. Y si podemos tan fácilmente racionalizar el asesinato de otros seres pertenecientes a nuestra propia especie, ¿no será mucho más difícil sentir respeto hacia individuos inteligentes de diferentes especies?

Es en este punto donde surge el significado fundamental de los delfines en la búsqueda de inteligencia extraterrestre. No es el caso de si estamos emocionalmente preparados, a la larga, para enfrentarnos a un mensaje de las estrellas. Más bien se trata de si podemos desarrollar el sentido de que hay seres con distintas evoluciones, seres que pueden parecer muy diferentes a nosotros, incluso «monstruosos» seres, en resumen, que, sin embargo, son dignos de amistad y respeto, fraternidad, y confianza. Tenemos todavía que llegar muy lejos; aún cuando hay algún indicio de que la comunidad humana se mueve en esta dirección, la pregunta es ¿nos movemos con suficiente rapidez? El contacto más probable con inteligencias extraterrestres será con una sociedad muchísimo más avanzada que la nuestra (capítulo 31). Pero no nos hallaremos en algún momento de un previsible futuro en la posición de los indios americanos o en la de los vietnamitas, barbaridad colonial practicada en nosotros por una civilización más avanzada tecnológicamente, debido a los enormes espacios entre las estrellas, y a lo que yo creo es la neutralidad o bondad de cualquier otra civilización que ha sobrevivido lo suficiente para que nos pongamos en contacto con ella. Ni tampoco la situación será la opuesta: rapiña terrestre contra civilizaciones extraterrestres, pues están demasiado lejos de nosotros y somos relativamente inofensivos. El contacto con otras especies inteligentes pertenecientes a un planeta de otra estrella –especies biológicamente muy diferentes, mucho más que nosotros de los delfines o las ballenas– puede ayudarnos a apartar de nuestros hombros el formidable bagaje de acumulados egoísmos, desde el nacionalismo hasta el chauvinismo humano. Aunque pueda costar mucho tiempo la búsqueda de inteligencia extraterrestre, creo que, por el momento, lo mejor que podemos hacer es iniciar un auténtico programa de rehumanización, entablando lazos de amistad con las ballenas y los delfines.

25. ¡Oiga! ¿Distribución Central? ¡Envíenme veinte extraterrestres!



Secuencia de *2001: Una Odisea espacial*. Ilustración de cubierta del libro original de Signet: *The making of Kubrick's «2001»*.

Mi amigo Arthur C. Clarke tenía un problema. Estaba escribiendo un guión con Stanley Kubrick del libro *Dr. Strangelove*. Se titularía *Viaje más allá de las estrellas* y, al parecer, se le había presentado alguna dificultad en el desarrollo del tema. ¿Podría cenar con ellos en el estudio de Kubrick, en New York, y ayudarles un poco en el problema? (A propósito, el título de la película me pareció un poco extraño. Que yo supiera, no había ningún lugar más allá de las estrellas. Una película que versara sobre un lugar así tendría que ser dos horas de pantalla negra, una posible trama sólo para Andy Warhol. Estaba seguro de que semejante escena no era lo que Kubrick y Clarke pensaban hacer, por supuesto.)

Tras disfrutar de una agradable cena, se planteó el problema de la manera siguiente: Aproximadamente en la mitad de la película, una nave espacial dirigida por el hombre se acerca bien a Júpiter 5, el satélite más interior de Júpiter, o a Japeto, uno de los satélites de mediano tamaño de Saturno. Cuando la nave espacial se aproxima y se hace visible en la pantalla la curvatura del satélite, nos damos cuenta de que el satélite no es una luna natural. Se trata de un artefacto de alguna civilización pujante y muy avanzada. De repente, aparece una abertura en un lado del satélite y, a través de ella, vemos... estrellas. Pero no son realmente lo que hay al otro lado del satélite. Es una parte de firmamento de otro lugar desconocido. Se disparan pequeños cohetes hacia la abertura, pero se pierde el contacto con ellos tan pronto como pasan a través de ella. La abertura es una especie de puerta espacial, un camino para ir desde una parte del Universo a otra, sin tener que recorrer distancia alguna. La nave espacial atraviesa esta especie de puerta y surge en las cercanías de otro sistema estelar, en cuyo firmamento brilla, fulgurante, una estrella gigantesca. Orbitando al gigante rojo, hay un planeta, sin duda asiento de una avanzada civilización tecnológica. La nave espacial se aproxima al planeta, descendiendo sobre él, y luego... ¿qué?

Aunque las escenas con elementos humanos se rodarían en los estudios de Inglaterra, esta parte tan importante del guión –¡el final!– aún no había sido escrita por los dos autores. La tripulación de la nave espacial, o al menos, una parte de ella, iba a establecer contacto con seres extraterrestres. Sí, pero, ¿cómo describir a los extraterrestres? Kubrick sustentaba la opinión de que no fuesen muy diferentes de los seres humanos. La preferencia de Kubrick poseía una ventaja clara y a la vez económica: Llamaría a la Distribución Central y solicitaría veinte extraterrestres. Con un poco de maquillaje, tendría el problema resuelto. Otra alternativa que no fuera ésta resultaría muy costosa.

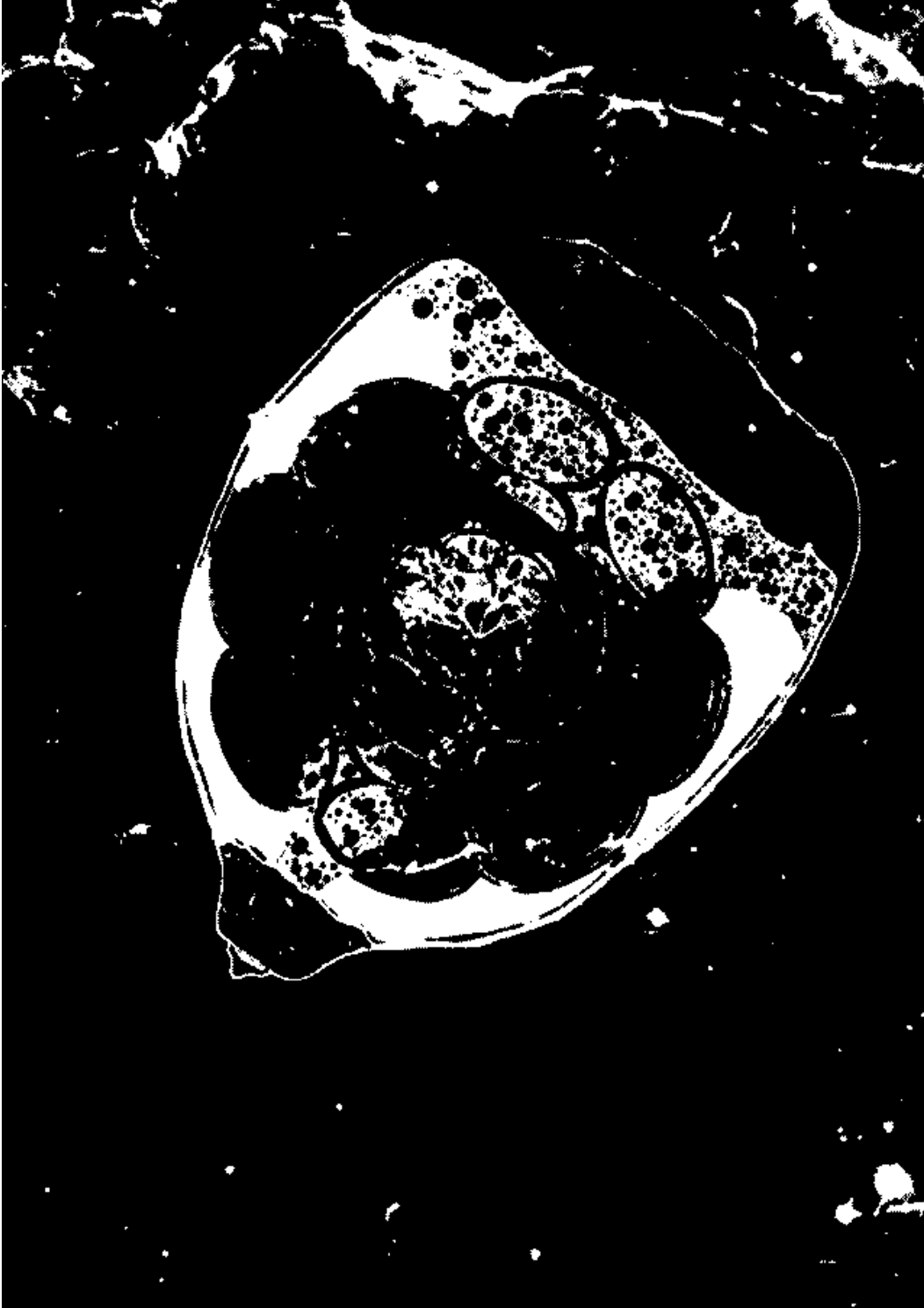
Alegué que era tan grande el número de improbables acontecimientos individuales en la historia de la evolución del hombre, que tampoco era probable existiesen en el Universo seres parecidos a nosotros. Sugerí entonces que cualquier representación explícita de un ser extraterrestre avanzado, sin duda alguna mostraría, al menos, un elemento de falsedad y que la mejor solución sería sugerir a los seres extraterrestres en lugar de retratarlos sui generis.

La película, titulada después *2001: Una odisea espacial*, se estrenó tres años más tarde. En el día del estreno, me alegró ver que había prestado alguna ayuda. Como supimos por el libro de Jerome Agel, *The making of Kubrick's «2001»*, Kubrick experimentó durante el rodaje con muchas representaciones de vida extraterrestre,

incluyendo un bailarín ataviado con un maillot negro y entero con blancas notas musicales de polca. Fotografiado contra un fondo negro, esto podría ser visualmente muy eficaz. Por último, decidió establecer una representación surrealista de la inteligencia extraterrestre. La película desempeñó un importante papel en hacer comprender al hombre de la calle cuál podría ser aproximadamente la perspectiva cósmica. Muchos científicos soviéticos consideran a *2001* como la mejor película americana que han visto. Las ambigüedades extraterrestres no les molestaron ni preocuparon en absoluto.

Durante el rodaje de *2001*, Kubrick, que evidentemente era un hombre preocupado por los detalles, llegó a abrigar temores de que se pudiera descubrir la inteligencia extraterrestre antes de que se explotara comercialmente la película que costaba la friolera de diez millones de dólares, y que, en tal caso, su labor fuera inútil, además de equivocada. Entraron en contacto con el Lloyd's de Londres para suscribir una póliza de seguros para protegerse contra las pérdidas en el caso de que se descubriera inteligencia extraterrestre, pero el Lloyd's de Londres, compañía que asegura las contingencias más increíbles, se negó a suscribir tal póliza. En la década de los sesenta, aún no se había llevado a cabo ningún esfuerzo para buscar inteligencia extraterrestre, y lo cierto es que era muy remota la probabilidad de tropezarse con ella en pocos años o en muchos. Así pues, el Lloyd's de Londres se perdió un buen negocio.

## 26. La conexión cósmica



*Bellota* por Jon Lomberg. Los débiles vestigios de gas brillantes en el fondo son de los restos de una supernova.



Desde los primeros tiempos, los seres humanos han reflexionado sobre el lugar que ocupan en el Universo. Se han preguntado si están conectados de alguna manera con el asombroso e inmenso Cosmos en el que la Tierra está inmersa.

Hace muchos miles de años se inventó una pseudo-ciencia llamada Astrología. Las posiciones de los planetas, al nacer un niño, se creía que desempeñaban un papel importantísimo en determinar su futuro. Los planetas, puntos de luz de eterno parpadear, eran dioses. En su vanidad, el hombre imaginó un Universo diseñado para su propio beneficio y perfectamente organizado para su uso particular.

Quizá se supuso que los planetas eran dioses a causa de sus movimientos irregulares. La palabra «planeta» significa, en griego, vagabundo. El imprevisible comportamiento de los dioses en muchas leyendas puede haber correspondido con los, al parecer, también imprevisibles movimientos de los planetas. Se supone que se razonó así: Los dioses no se sujetan a normas; los planetas no se sujetan a normas; los planetas son dioses.

Cuando la antigua casta sacerdotal astrológica descubrió que el movimiento de los planetas no era irregular, sino previsible, se guardaron la información para sí. No valía la pena preocupar innecesariamente al populacho, socavar sus creencias religiosas y erosionar las bases del poder político. Además, el Sol era la fuente de vida. La Luna, mediante las mareas, dominaba la agricultura, especialmente en las cuencas de ríos como el Indo, el Nilo, el Yangtze, y el Tigris-Eufrates. ¡Cuan razonable era entonces que estas luces menores, los planetas, ejercieran influencia sobre la vida humana, una influencia más sutil, pero no menos eficaz!

La búsqueda de una conexión, el eslabón entre la gente y el Universo, no ha disminuido desde los albores de la astrología. A pesar de los avances de la ciencia, aún persiste tal necesidad.

Ahora sabemos que los planetas son, aproximadamente, mundos como el nuestro. Sabemos también que su luz y gravedad no influyen en absoluto en el nacimiento de un niño. Sabemos que hay enormes cantidades de otros objetos –asteroides, cometas, pulsars, quasars, galaxias explosivas, agujeros negros, etcétera–, objetos desconocidos para los antiguos especuladores que inventaron la astrología. El Universo es muchísimo más grande de lo que pudieron haber imaginado.

La Astrología no ha tratado de mantenerse a la altura de los tiempos. Incluso los cálculos de los movimientos planetarios y posiciones establecidos por la mayor parte de los astrólogos son normalmente inexactos.

Ningún estudio muestra estadísticamente un índice de éxitos significativos al predecir, mediante sus horóscopos, el futuro o los rasgos de la personalidad de los recién nacidos. No hay ningún campo de radioastrología, o astrología por rayos X, o astrología por rayos gamma, que tengan en cuenta las nuevas fuentes astronómicoenergéticas descubiertas en años recientes.

Sin embargo, la Astrología sigue siendo sumamente popular en todas partes. Por lo demás, hay diez veces más astrólogos que astrónomos. Un gran número,

probablemente la mayor parte, de periódicos en los Estados Unidos publican diariamente sus secciones de horóscopos.

Mucha gente joven, gente brillante y socialmente bien situada, siente gran interés por la Astrología. Satisface una necesidad interior de sentirse importantes como seres humanos en un Cosmos inmenso y asombroso, creer que de alguna manera nos relacionamos con el Universo, ideal de muchas experiencias religiosas y con drogas, el *samadhi* de algunas religiones orientales.

Los grandes conocimientos de la astronomía moderna demuestran que, en algunos aspectos muy diferentes a los imaginados por los antiguos astrólogos, estamos conectados con el Universo.

Los primeros científicos y filósofos –Aristóteles, por ejemplo– imaginaron que el cielo estaba hecho de un material diferente al de la Tierra, una especie de substancia celeste, pura e inmaculada. Ahora sabemos que éste no es el caso. Trozos del cinturón de asteroides llamados meteoritos, las muestras de la Luna traídas por los astronautas del Apolo y por las sondas soviéticas, el viento solar y los rayos cósmicos, que probablemente se generan por la explosión de estrellas y sus restos, todos ellos muestran la presencia de los mismos átomos que conocemos aquí, en la Tierra. La espectroscopia astronómica puede determinar la composición química de estrellas situadas a miles de millones de años luz de distancia. Todo el Universo está hecho con material familiar. Los mismos átomos y moléculas se hallan presentes a enormes distancias de la Tierra como lo están dentro de nuestro Sistema Solar.

Estos estudios conducen a una notable conclusión. No solamente el Universo está en todas partes constituido por los mismos átomos, sino que los átomos, hablando en términos generales, están presentes en todas partes y en aproximadamente las mismas proporciones.

Casi toda la substancia de las estrellas y la materia interestelar entre estrellas es hidrógeno y helio, los dos átomos más simples. Todos los demás átomos son impurezas, constituyentes vestigiales. Esto también puede aplicarse a los grandes planetas exteriores de nuestro Sistema Solar, como Júpiter. Pero no es así en cuanto se refiere a los trozos comparativamente pequeños de roca y metal en la parte interior del Sistema Solar, como nuestro planeta Tierra. Esto ocurre porque los pequeños planetas terrestres tienen gravedades demasiado débiles para retener sus atmósferas originales de hidrógeno y helio, atmósferas que gradualmente han escapado al espacio.

Los siguientes átomos más abundantes en el Universo son el oxígeno, carbono, nitrógeno y neón. Todo el Mundo ha oído hablar de estos átomos. ¿Por qué los elementos que más abundan en el plano cósmico son los más razonablemente corrientes en la Tierra, y no, por ejemplo, el Ytrio o el praseodimio?

La teoría de la evolución de las estrellas está lo suficientemente avanzada para que los astrónomos puedan comprender sus diferentes clases y sus relaciones: cómo una estrella nace del gas y polvo interestelares, cómo brilla y se desarrolla mediante reacciones termonucleares en su ardiente interior, y cómo muere. Estas reacciones termonucleares son de la misma clase que las reacciones que fundamentan las

armas nucleares (bombas de hidrógeno): la conversión de, cuatro átomos de hidrógeno en uno de helio.

Pero en las posteriores etapas de la evolución estelar en el interior de las estrellas se alcanzan elevadas temperaturas, y los elementos más pesados que el helio se generan por procesos termonucleares. La astrofísica nuclear indica que los átomos más abundantes, producidos en estas gigantescas estrellas ardientes, son precisamente los átomos que más se encuentran en la Tierra y en cualquier otra parte del Universo. Los átomos pesados, generados en los interiores de los gigantes rojos, son arrojados al medio interestelar mediante un lento reflujó desde la atmósfera de la estrella, como nuestro propio viento solar, o por medio de poderosas explosiones estelares, algunas de las cuales pueden hacer que una estrella brille mil millones de veces más que nuestro Sol.

Un reciente estudio espectroscópico con infrarrojos de estrellas en fusión descubrió que están lanzando al espacio silicatos, polvo de roca arrojado al medio interestelar. Las estrellas de carbono probablemente lanzan partículas de grafito al espacio cósmico que las rodea. Otras estrellas desprenden hielo.

En sus primeras etapas históricas, probablemente algunas estrellas como el Sol lanzaron fuera de sí grandes cantidades de compuestos orgánicos al espacio interestelar; de hecho y mediante el empleo de métodos radioastronómicos, se encuentran moléculas orgánicas simples que parecen rellenar el espacio entre las estrellas. La nebulosa planetaria más brillante que se conoce (una nebulosa planetaria es una nube en expansión, por lo general rodeada por una estrella explosiva llamada nova) parece contener partículas de carbonato de magnesio.

Estos átomos pesados –carbono, nitrógeno, oxígeno, silicio, y demás– flotan en el medio interestelar hasta que en algún momento posterior se da una condensación gravitacional local y se forman un nuevo sol y nuevos planetas. Este sistema solar de segunda generación está enriquecido por elementos pesados.

El destino de los seres humanos puede no estar conectado de una manera profunda con el resto del Universo, pero la materia de que estamos hechos se halla íntimamente ligada a procesos que ocurrieron durante inmensos intervalos de tiempo y enormes distancias en el espacio lejos de nosotros. Nuestro Sol es una estrella de tercera generación. Todo el material rocoso y metálico sobre el cual nos encontramos el hierro de nuestra sangre, el calcio de nuestros dientes, o el carbono de nuestros genes se produjeron hace miles de millones de años en el interior de una gigantesca estrella roja. Estamos hechos de material estelar.

Nuestra conexión molecular y atómica con el resto del Universo es un circuito cósmico real y nada caprichoso o imaginativo.

Al explorar el firmamento que nos rodea con el telescopio y con las naves espaciales, es posible que surjan otros circuitos. Pueden ser una red de civilizaciones extraterrestres intercomunicadas a las que probablemente mañana tengamos que unirnos nosotros. La fallida declaración de la astrología –que las estrellas influyen sobre nuestros caracteres individuales– no será confirmada por la astronomía moderna.

Pero la profunda necesidad humana de buscar y comprender nuestra conexión con el Universo, es un objetivo dentro de nuestro alcance.

## 27. Vida extraterrestre: una idea cuyo momento ha llegado

Hace miles de años, la idea de que los planetas estaban poblados por seres inteligentes resultaba inconcebible. Se pensaba que los propios planetas eran seres inteligentes. Marte era el dios de la guerra. Venus, la diosa de la belleza, y Júpiter, el rey de los dioses.

En los primeros tiempos de Roma, unos pocos escritores, Luciano de Samosata, por ejemplo, concibió que al menos la Luna era un lugar que estaba poblado como la Tierra. Su relato de ciencia-ficción describiendo un viaje a la Luna se tituló *La verdadera historia*. Por supuesto, era falsa.

En el Renacimiento surgió la idea de que los planetas no eran más que un reloj celeste, un reloj elegante, creado por el Señor para asombro y utilidad de los hombres. En 1600, Giordano Bruno fue quemado en la hoguera, en parte por dar publicidad a su teoría de que había otros mundos habitados por otros seres.

En los siglos siguientes, el péndulo apuntó en otra dirección. Escritores como Bernard de Fontenelle, Emmanuel Swedenborg, e incluso Immanuel Kant y Johannes Kepler, pudieron imaginar sin ningún problema de censura que todos los planetas estaban habitados. Por supuesto, en la idea se implicaba que el nombre del planeta prestaba carácter a sus habitantes. Los de Venus eran amorosos; los de Marte, guerreros o militares; los habitantes de Mercurio, inconstantes; los de Júpiter, alegres y joviales; y así sucesivamente. El gran astrónomo británico William Herschel incluso opinó que el Sol estaba habitado.

Pero a medida que el medio ambiente físico del Sistema Solar fue haciéndose más claro, y al hacerse también más evidente la excelente adaptación al medio ambiente de organismos de la Tierra, surgieron los escépticos. Probablemente, Marte y Venus estaban habitados, pero seguramente ni Mercurio, ni la Luna ni Júpiter. Y así sucesivamente.

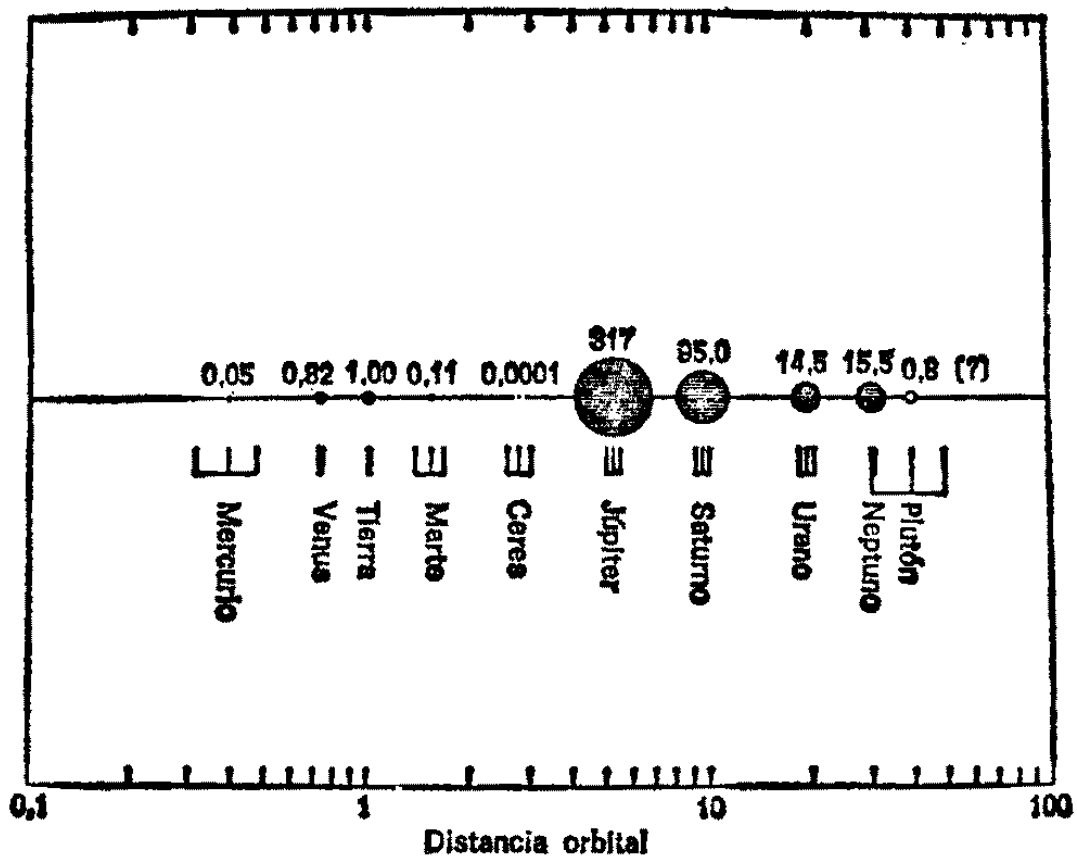
En las últimas décadas del siglo XIX, las observaciones del planeta Marte, realizadas por Giovanni Schiaparelli y Percival Lowell, despertaron la emoción pública ante la posibilidad de la existencia de inteligencia en nuestro planeta vecino planetario. La pasión de Lowell por la idea de que hubiese seres inteligentes en Marte y la amplia difusión de sus libros hicieron mucho por llamar la atención del público, como sucedió con los escritores de ciencia-ficción que siguieron la pauta marcada por Lowell.

Pero cuando las pruebas de la existencia de vida inteligente en Marte se fueron debilitando, y se fue sabiendo que el medio ambiente de Marte era inclemente de acuerdo con las normas terrestres, todo el entusiasmo popular se desvaneció.

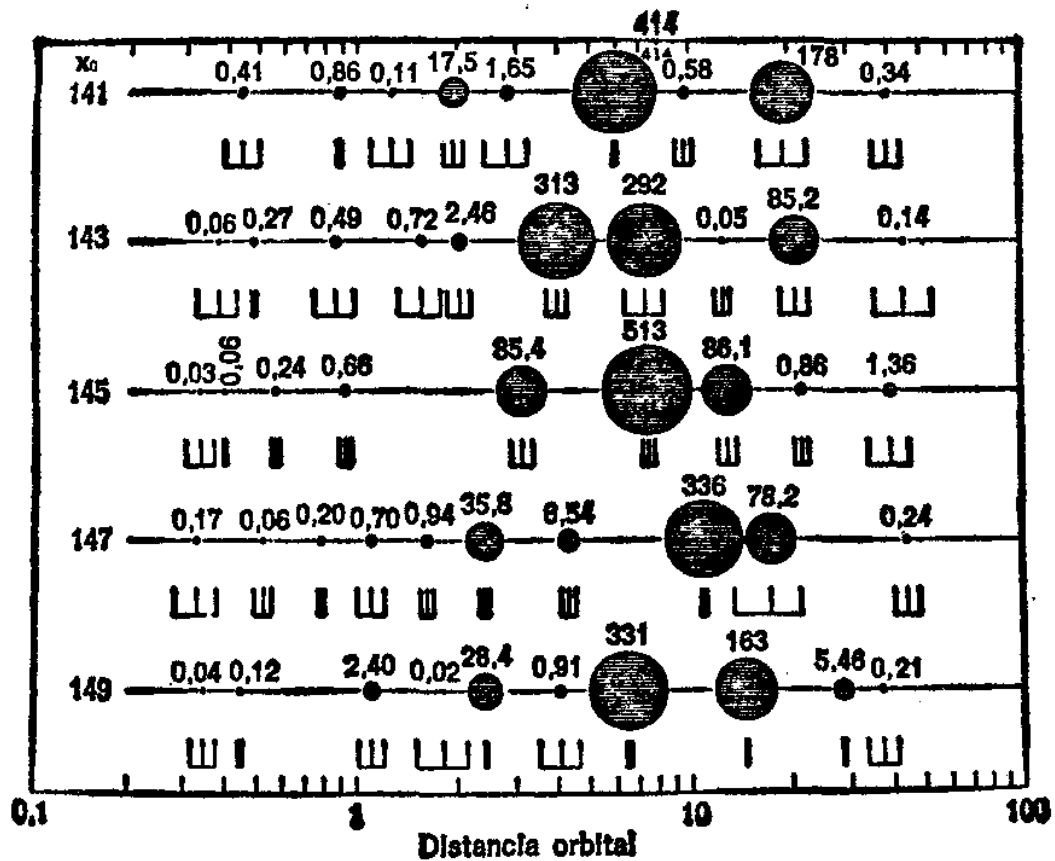
Por entonces, el interés científico por la vida extraterrestre había alcanzado su nadir. El mismo entusiasmo con que Lowell había perseguido la idea de la existencia de seres inteligentes en Marte y la atención que prestaba el hombre de la calle a estas ideas quedaron anuladas por otros muchos científicos. Por añadidura, un nuevo campo astronómico, la astrofísica, la aplicación de la física a las superficies e

interiores de las estrellas, habían logrado extraordinarios éxitos, siendo así que los jóvenes astrónomos más entusiastas se dedicaron al estudio de la astronomía estelar, abandonando, en gran medida, los estudios planetarios. El péndulo había oscilado tan lejos que en el período que siguió a la Segunda Guerra Mundial hubo – en todos los Estados Unidos– sólo un astrónomo dedicado a serias investigaciones físicas de los planetas, G. P. Kuiper, de la Universidad de Chicago. Los astrónomos no sólo habían prescindido de la vida extraterrestre, sino también de los estudios planetarios en general.

Desde 1950, la situación ha vuelto a sus antiguos cauces lentamente; el péndulo oscila de nuevo normalmente. El desarrollo de nuevos instrumentos de medida (subproducto de la Segunda Guerra Mundial), al principio con base en tierra y más tarde en el espacio, ha producido una masiva inyección de nuevos conocimientos básicos sobre los medios ambientes físicos de la Luna y de los planetas. Una vez más, los jóvenes científicos se han sentido atraídos por los estudios planetarios, no tan sólo los astrónomos, sino también los geólogos, químicos, físicos y biólogos. La disciplina los necesita a todos.



El Sistema Solar. Las distancias desde el Sol se muestran tomando como unidad la distancia a la Tierra. Las marcas en tridente son un índice de la excentricidad de una órbita planetaria y muestran las distancias más cercana, promedio, y más lejana al planeta desde el Sol. Las masas de los planetas se expresan tomando como unidad a la masa terrestre. Los planetas jovianos se distinguen de los planetas terrestres por el reticulado.



Cinco sistemas solares modelo, obtenidos por Steven Dole en un experimento computacional sobre la Física de los orígenes de los sistemas solares. Los sistemas de Dole son claramente muy similares a nuestro Sistema Solar. Esta es una de las varias líneas de evidencia que sugieren que los sistemas planetarios son acompañantes habituales de las estrellas a todo lo largo y ancho de la galaxia. Cortesía de ICARUS.

Ahora sabemos que los fundamentos del origen de la vida están en los terrenos de la física y de la química; siempre que se exponen las atmósferas primitivas normales a las fuentes de energía común, los bloques de construcción de la vida en la Tierra caen de la atmósfera en períodos de días o semanas. Se han hallado compuestos orgánicos en los meteoritos y en el espacio interestelar. Se han encontrado pequeñas cantidades en medios ambientes tan poco hospitalarios como el de la Luna. Se sospecha que existen en Júpiter, en los planetas exteriores del Sistema Solar, así como en Titán, la luna más grande de Saturno. Tanto la teoría como la observación sugieren que los planetas son acompañantes habituales, sino constantes, de las estrellas, antes que una muy rara ocurrencia, como estuvo de moda creer en las primeras décadas de este siglo.

Por primera vez disponemos ahora de medios para establecer contacto con civilizaciones en planetas de otras estrellas. Es un hecho asombroso que el gran radiotelescopio de 30 m de diámetro del National Astronomy and Ionosphere Center, dirigido por la Cornell University en Arecibo, Puerto Rico, podría ser capaz de

comunicarse con otro idéntico situado en cualquier lugar de la Vía Láctea. Disponemos de los medios de comunicarnos no sólo venciendo distancias de centenares o miles de años-luz, sino que podemos hacerlo de esa manera en un volumen que contenga centenares de miles de millones de estrellas. La hipótesis de que existen civilizaciones muy avanzadas en otros planetas se está poniendo a prueba. Ya ha dejado de ser pura especulación. Ahora se halla en el terreno de la experimentación.

Nuestro primer intento de escuchar emisiones de sociedades extraterrestres fue el Proyecto Ozma. Organizado por Frank Drake, en 1960 en el National Radio Astronomy Observatory (NRAO) contempló dos estrellas en una frecuencia durante dos semanas. Los resultados fueron negativos. En la actualidad, se han llevado a la práctica proyectos mucho más ambiciosos en el Instituto de Radiofísica Gorki de la Unión Soviética, y en la NRAO, Estados Unidos. En total, probablemente se examinen unos cuantos centenares de cercanas estrellas en una o dos frecuencias. Pero incluso los cálculos más optimistas sobre las distancias a las estrellas más próximas sugieren que habrá que examinar centenares de miles de millones de estrellas antes de que por parte de una de ellas se reciba una señal inteligible. Esto requiere un gran esfuerzo que abarque un substancioso período de tiempo. Pero es un esfuerzo que está dentro de nuestros recursos, nuestras habilidades y nuestros intereses.

El cambio en el clima de opinión acerca de la vida extraterrestre se reflejó en 1971, mediante una conferencia científica celebrada en Biurakán, Armenia soviética, patrocinada conjuntamente por la Academia Soviética de Ciencias y la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos. Tuve el privilegio de asistir a esta reunión con la delegación americana. Los participantes representaban a los campos de la astronomía, física, matemáticas, biología, química, arqueología, antropología, historia, electrónica, tecnología de computadoras y criptografía. El grupo, que incluía a dos escépticos laureados Nobel, aparecía perfectamente marcado por sus límites tanto nacionales como disciplinarios. La conferencia concluyó que las oportunidades o posibilidades de que hubiese vida extraterrestre, además de nuestra capacidad tecnológica actual para poder comunicar con tales supuestas civilizaciones, eran suficientemente razonables como para iniciar una seria investigación. Algunas de las conclusiones específicas a que se llegaron fueron las siguientes:

- 1, Los sorprendentes descubrimientos de años recientes en los campos de la astronomía, biología, ciencia de computadores, y radiofísica han hecho que algunos de los problemas de las civilizaciones extraterrestres y su detección pasen del campo de la especulación al de la experimentación y observación. Por vez primera en la historia humana, es posible llevar a cabo detallados experimentos e investigaciones de este problema tan fundamental e importante.

2. Es probable que este problema tenga profundo significado en el futuro desarrollo de la Humanidad. Si en algún momento se descubre la existencia de civilizaciones extraterrestres, este hecho ejercerá enorme influencia en la capacidad tecnológica y científica humanas, hasta el punto de que tal descubrimiento podrá influir, positivamente, en todo el futuro del hombre. El significado práctico y filosófico de un contacto de éxito con una civilización extraterrestre sería tan enorme como para justificar el hecho de que realicemos ingentes esfuerzos. Las consecuencias de tal



descubrimiento, sin duda alguna, aumentarían de manera notable los conocimientos humanos.

3. Los recursos científicos y tecnológicos de nuestro planeta son ya suficientemente importantes como para permitirnos iniciar investigaciones orientadas hacia la búsqueda de inteligencia extraterrestre. Como norma, tales estudios han de proporcionar importantes resultados científicos, aun cuando la búsqueda específica de inteligencia extraterrestre no consiga éxito alguno. En la actualidad, estas investigaciones pueden llevarse a cabo con eficacia en varios países mediante sus propias instituciones científicas. Sin embargo, incluso en esta primera etapa, sería útil discutir y establecer programas de coordinación en cuanto se refiere a tales investigaciones e intercambiar información científica. En el futuro sería deseable combinar los esfuerzos de los investigadores de varios países para lograr objetivos de observación y experimentación. Consideramos adecuado que la búsqueda de inteligencia extraterrestre deba realizarse por representantes de toda la Humanidad.

4. En la Conferencia se han discutido diversos métodos que han de emplearse en la búsqueda de vida e inteligencia extraterrestre. La realización de la más elaborada de estas propuestas o métodos necesitaría considerable tiempo y esfuerzo y emplear unos medios económicos comparables a los que se dedican a la investigación espacial y nuclear. Sin embargo, también se pueden iniciar investigaciones en escalas más modestas.

5. Los participantes en la Conferencia consideran muy valiosa la investigación y experimentos que se realizan en la actualidad y que deben seguir efectuándose en el futuro en cuanto se relaciona con las naves espaciales, experimentos que han de orientarse hacia la búsqueda de vida en otros planetas de nuestro Sistema Solar. Recomiendan la continuación y esfuerzos en tales áreas como la de la química orgánica prebiológica, búsqueda de sistemas planetarios extrasolares y biología evolucionaría, que tanto se relacionan con el problema.

6. La Conferencia recomienda la iniciación de nuevas investigaciones específicas orientadas hacia modos o métodos de captar señales.

(Todas las actas y procedimientos de la conferencia se han publicado como *Comunicación con inteligencias extraterrestres*, Carl Sagan, Cambridge, Massachusetts, M.I.T. Press, 1973.)

Otra señal de la creciente aceptación de la búsqueda de inteligencia extraterrestre son las recomendaciones de la Comisión Inspectora de Astronomía de la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, a la que se había solicitado resumiera las necesidades de la astronomía para la década de los años 70. El informe de la comisión fue el primer informe nacional sobre el futuro de la astronomía que recomendaba la búsqueda de inteligencia extraterrestre, como posible importante subproducto de la investigación astronómica en un futuro próximo y justificación para fabricar grandes radiotelescopios.

Pisando un terreno más práctico, diremos que se están llevando a cabo también intensos estudios de laboratorio sobre los orígenes de la vida en la Tierra. Si el origen de la vida en la Tierra resulta haber sido muy «fácil», entonces también serán muchas las posibilidades de que haya vida en otros lugares del Universo.

Existe asimismo un proyecto en los Estados Unidos —el Proyecto Viking— para situar instrumentos en la superficie de Marte y buscar así formas de vida indígenas de aquel planeta.

Evidentemente, la idea de la vida extraterrestre es algo que, por suerte, preocupa al Mundo entero.

## 28. ¿Ha sido visitada la Tierra?

Por supuesto, la forma más barata y fácil de comunicarse con la Tierra, si usted fuera representante de una civilización extraterrestre avanzada, sería, sin duda, por radio. Un simple mensaje enviado a través del espacio con dirección a la Tierra costaría menos de un penique. Por tanto, parece razonable que en la búsqueda de inteligencia extraterrestre comencemos por investigar esta posibilidad. Pero, ¿hemos de abandonar otras posibilidades? ¿No sería una estupidez dedicar todos nuestros esfuerzos a escuchar mensajes radiados o a buscar señales de vida en Marte cuando aquí, en la Tierra, pueden existir pruebas de una vida extraterrestre?

Existen dos hipótesis de esta clase que han conseguido un puesto en la literatura popular. La primera de ellas sugiere, y a veces asegura, que la Tierra, hoy día, está siendo visitada por naves espaciales de otros mundos; ésta es la hipótesis de los platillos volantes u objetos voladores sin identificar. La segunda también postula que la Tierra fue visitada por este tipo de naves espaciales, pero en el pasado, antes de escribirse la Historia.

La hipótesis de los OVNIS, es decir la primera de las mencionadas, es tema muy complejo y que depende de la fiabilidad de los testigos. Hace unos años se publicó una amplia discusión sobre este problema en *UFO's: Un debate científico* (Carl Sagan y Thornton Page, editores, Ithaca, New York, Cornell University Press, 1972), en el cual se han aireado todos los aspectos del tema. Mi punto de vista personal es que no hay casos que al mismo tiempo sean muy seguros (comunicados independientemente por un gran número de testigos) y muy extraños (no explicables en términos de fenómenos postulados de manera razonable, como, por ejemplo, una extraña luz que se mueve podría ser la de un reflector de un avión meteorológico o la de una operación militar aérea de suministro de combustible). No existen casos, comunicados con absoluta seguridad, sobre extrañas máquinas que aterricen o despeguen, por ejemplo.

Hay otra aproximación a la hipótesis extraterrestre de los orígenes de los OVNIS. Esta valoración depende de un gran número de factores sobre los cuales conocemos muy pocas cosas y, de otros pocos más, acerca de los cuales no sabemos nada. Deseo hacer un cálculo de las probabilidades de que seamos visitados con frecuencia por seres extraterrestres.

Hoy día, se dispone de una gran gama de hipótesis que pueden examinarse de esa forma. Un ejemplo: Consideremos la hipótesis Santa Claus que mantiene que, durante un período de ocho horas o así, el 24-25 de diciembre de cada año, un duendecillo o enano visita cien millones de hogares en los Estados Unidos. Ésta es una hipótesis interesante y ampliamente discutida. Está cargada de fuertes emociones y se dice que por lo menos no hace daño a nadie.

Hagamos algunos cálculos. Supongamos que el duende en cuestión pasa un segundo en cada casa. Bien, sospecho que éste no es el verdadero cuadro que todo el mundo imagina, pero sigamos con el cálculo. Aun mostrándose muy rápido en sus visitas, y esto explicaría por qué hay mucha gente que no lo ve mucho, el duende,

invirtiendo un segundo por casa, tendría que pasar tres años llenando calcetines. He supuesto que no invierte ningún tiempo en ir de casa en casa. Aun contando con el popular reno, el tiempo pasado en cien millones de casas sigue siendo el de tres años y no el de ocho horas. Entonces, hemos de concluir que esta hipótesis es absurda.

Podemos hacer un examen parecido, pero con mayor inseguridad, de la hipótesis extraterrestre que sostiene que un gran número de OVNIS vistos sobre el planeta Tierra son vehículos espaciales procedentes de planetas de otras estrellas. Los informes indican que, al menos en casos recientes, estos fenómenos se han dado a diario, varios por día. No lo discutiré. Me voy a limitar a ser más conservador en este terreno y a suponer que tales visitas se reducen a sólo una por año. Veamos qué es lo que esto implica.

Hemos de tener en cuenta para ello el número,  $N$ , de existentes civilizaciones técnicas en la Galaxia, es decir civilizaciones mucho más avanzadas que la nuestra, civilizaciones que pueden, sea cuales fueren sus medios, llevar a cabo vuelos en el espacio interestelar. (Aunque los medios son difíciles, no forman parte de esta discusión, así como tampoco el mecanismo de propulsión del popular reno no afectó a nuestra discusión de la hipótesis Santa Claus.)

Se ha intentado detallar explícitamente los factores que entran en la determinación del número de tales civilizaciones técnicas de la Galaxia. No expondré aquí qué números se han asignado a las diversas cantidades implicadas: se trata de una multiplicación de muchas probabilidades, y la probabilidad de que podamos hacer un buen juicio disminuye a medida que recorremos la lista.  $N$  depende primero del índice de velocidad a que se formen las estrellas en la Galaxia, número que se conoce razonablemente bien. Depende del número de estrellas que tengan planetas, lo que es menos conocido, pero disponemos de algunos datos sobre esto. Depende de la fracción de tales planetas que estén situados de manera tan adecuada con respecto a su estrella que el medio ambiente sea factible para el origen de la vida. Depende de la fracción de tales posibles planetas en los que el origen de la vida se dé en realidad. Depende de la fracción de aquellos planetas en los cuales se da el origen de la vida y en los que, después que ha surgido la vida, se llega a una forma de vida inteligente. Depende de la fracción de aquellos planetas en los cuales han surgido formas inteligentes que implican la existencia de una civilización técnica substancialmente mucho más avanzada que la nuestra. Y depende de la esperanza o promedio de vida de tal civilización técnica.

Está claro que agotaremos los ejemplos a medida que avancemos cada vez más lejos. Tenemos muchas estrellas, pero sólo un ejemplo del origen de vida y únicamente un número muy limitado –algunos dirían que uno– de casos o ejemplos de la evolución de seres inteligentes y civilizaciones técnicas en este planeta. Y no tenemos casos mediante los cuales poder juzgar cuál será el promedio de vida de una civilización técnica. Sin embargo, hay un pasatiempo al que algunos de nosotros hemos dedicado algunos ratos, realizando nuestros mejores cálculos sobre estos números y obteniendo un valor de  $N$ . El resultado es que  $N$  iguala en años aproximadamente a una décima parte del promedio de vida de una civilización técnica.

Si pensamos en un número como el de diez millones ( $10^7$ ) de años para el promedio de vida de una avanzada civilización técnica, obtendremos un número para tales civilizaciones en la Galaxia de cerca de un millón ( $10^6$ ), es decir un millón de otras estrellas con planetas en los cuales hoy existen civilizaciones avanzadas. Realmente es difícil hacer un cálculo exacto. La elección de diez millones de años para el promedio de vida de una civilización técnica es más bien optimista. Pero aceptemos estos optimistas números y veamos a dónde nos llevan.

Supongamos que cada uno de estos millones de civilizaciones técnicas lanza  $Q$  vehículos espaciales interestelares en un año, de manera que  $10^6 Q$  vehículos espaciales interestelares se lanzan durante el año. Supongamos que sólo se establece un contacto por cada viaje. En situación estable, hay algo así como  $10^6 Q$  llegadas a uno u otro lugar por año. Ahora bien, seguramente hay unos  $10^{10}$  lugares interesantes en la Galaxia dignos de ser visitados (nosotros tenemos varias veces  $10^{11}$  estrellas) y, por lo tanto un término medio de  $1/10^4 = 10^{-4}$  llegadas a cualquier lugar interesante (digamos un planeta) por año. Así pues, si tan sólo un OVNI ha de visitar la Tierra cada año, podemos calcular cuál es el índice de lanzamientos que precisa realizar cada uno de estos millones de mundos. El número resultante es de diez mil lanzamientos por año y por civilización y diez mil millones de lanzamientos por año en la Galaxia. Esto parece excesivo. Aun cuando imaginemos una civilización mucho más avanzada que la nuestra, el hecho de lanzar diez mil vehículos para que tan sólo aparezca aquí uno, probablemente es pedir mucho. Y si fuésemos más pesimistas acerca del promedio de vida de una civilización técnica, necesitaríamos proporcionalmente un índice mucho mayor de lanzamiento al espacio interestelar. Pero a medida que disminuye el promedio de vida, la probabilidad de que una civilización desarrolle vuelos interestelares también se reduce, como es lógico.

El físico americano Hong-Yee Chiu razona que es posible que llegue más de un OVNI por año a la Tierra. Pero su argumento sigue la misma línea del que acabo de presentar yo. Dicho físico calcula la masa total de metales que implica la construcción de estos vehículos espaciales durante esta historia de la Galaxia. El vehículo ha de tener algún tamaño –digamos que ha de ser mayor que la cápsula del Apolo–, y así podemos calcular cuánto metal se necesita. Resulta que habría que procesar la masa total de medio millón de estrellas y extraer todos sus metales. O si ampliamos el argumento y suponemos que únicamente se pueden someter a esta extracción minera las estrellas exteriores que se hallan a unos centenares de kilómetros aproximadamente de estrellas como el Sol, extracciones que habría que realizar mediante una tecnología superavanzada (más cerca del Sol sería imposible), hallamos que han de procesarse dos mil millones de tales estrellas o aproximadamente el 1 % de las estrellas de la Galaxia. Esto también suena a improbable.

Ahora bien, cualquiera puede alegar: «Bien, pero ése es un razonamiento un tanto discutible, porque es posible que dispongan de naves espaciales de plástico.» Sí, supongo que eso es posible. Pero el plástico ha de venir de algún sitio, y así el plástico contra metal cambia las conclusiones muy poco. Este cálculo nos proporciona cierta idea acerca de la magnitud de la tarea cuando se nos pide que creamos que hay visitas rutinarias y frecuentes a nuestro planeta.

¿Y qué hay sobre los posibles argumentos en contra? Por ejemplo, se podría alegar que somos objeto de especial atención, pues hemos perfeccionado toda clase de muestras de civilización y de alta inteligencia como las armas nucleares, y puede ser, por tanto, que seamos objeto de interés para los antropólogos interestelares. Quizá. Pero hemos señalado la presencia de nuestra civilización técnica sólo en las últimas décadas. Las noticias precisan recorrer algunas decenas de años-luz. Por otra parte, todos los antropólogos del mundo no convergen en las Islas Andaman sólo porque allí se haya inventado la red de pescar. Hay unos pocos especialistas en redes de pesca y unos pocos especialistas andamianos; y estos tipos dicen: «Bien, algo terrible está sucediendo en las Islas Andaman. Tengo que pasarme allí un año, porque, si no voy ahora, me lo perderé, lo pasaré por alto.» Pero los expertos en alfarería y los especialistas en los aborígenes de Australia no hacen las maletas y parten para el océano Índico.

Imaginar que hay algo por completo fascinante en lo que está ocurriendo aquí es precisamente contrario a la idea de que estamos rodeados por otras civilizaciones. Porque si esto último es cierto, nuestro tipo de civilización debe ser muy común. Y sino somos muy comunes, entonces es que no habrá muchas civilizaciones avanzadas o, al menos, lo suficientemente avanzadas como para enviar visitantes.

Aun así, ¿no es posible que sea cierta o acertada la segunda hipótesis OVNI: de que en épocas prehistóricas o aún más recientes un vehículo espacial aterrizó en la Tierra? No hay manera de que podamos excluir tal contingencia. ¿Cómo podríamos probarla?

Recientemente se han publicado muchos libros que pretenden demostrar la realidad de tales visitas. Los argumentos son de dos clases: leyenda y artefactos. Mencioné este tema en el libro *Vida Inteligente en el Universo*, escrito con el astrofísico soviético I. S. Shklovskii, y publicado en 1966. Examiné una sugestiva y típica leyenda de contactos entre nuestros antepasados y un, al parecer, representante de una sociedad superior. La leyenda, tomada de la más antigua mitología sumeria, es importante, porque los sumerios son los antecedentes directos de nuestra propia civilización. Se supone que un ser superior enseñó a los sumerios matemáticas, astronomía, agricultura, organización política y social y lenguaje escrito, todas las artes necesarias a la transición de una sociedad cazadora a la primera civilización.

Pero por muy provocativas que fueran estas leyendas, concluí que era imposible demostrar contactos extraterrestres a juzgar por tales leyendas. Hay alternativas plausibles en su explicación. Podemos entender por qué los sacerdotes pudieron fabricar mitos sobre seres superiores que habitan los cielos y orientan a los seres humanos sobre cómo ordenar sus asuntos. Entre otras «ventajas», tales leyendas permiten a los sacerdotes controlar a la gente.

Sólo hay una clase de leyenda que podría ser convincente: cuando la información que contiene la leyenda no pudo ser generada por la civilización que creó la leyenda –si, por ejemplo, un número transmitido desde hace miles de años como sagrado resulta ser el constante de la estructura nuclear. Éste sería un caso que merecería toda consideración.

Otro caso convincente sería, por ejemplo, cierta clase de artefacto. Si se hallara un artefacto perteneciente a una antigua civilización cuya tecnología estuviese más allá

de los conocimientos que privan en la actualidad en tal campo, entonces tendríamos un interesante caso *prima facie* de visita extraterrestre. Otro ejemplo sería la existencia de un manuscrito, encontrado en un monasterio irlandés que contuviese el diagrama del circuito electrónico para un receptor de radio superheterodino. Habría que tener sumo cuidado sobre la procedencia de este artefacto, al igual que los coleccionistas muestran sumo cuidado con un recién descubierto cuadro de Rafael. Tendríamos que asegurarnos de que ningún pícaro irlandés contemporáneo fuese la fuente del diagrama del circuito.

Que yo sepa, no hay tales leyendas ni tales artefactos. Por ejemplo, todos los artefactos antiguos mencionados por Erik von Daniken en su libro *¿Carrozas de los dioses?* tienen explicaciones alternativas y meritorias. La representación de seres con cabezas grandes y alargadas, que se parecen a cascos espaciales, podrían muy bien ser versiones artísticas de unas máscaras ceremoniales que cubren la cabeza normal o expresiones de una excesiva hidrocefalia. De hecho, la esperanza o, más bien, suposición de que los astronautas extraterrestres se parezcan a los astronautas soviéticos o americanos, desde los trajes espaciales hasta los ojos, es, probablemente, tan absurda como la idea misma de la visita a la Tierra. Del mismo modo, la idea expresada por Von Daniken y otros de que los antiguos astronautas construyeron campos de aviación, emplearon cohetes, e hicieron estallar bombas nucleares en la Tierra es absurda en extremo, porque precisamente somos nosotros quienes hemos desarrollado esta tecnología. Un visitante del espacio no se hallaría tan cerca de nosotros en tales terrenos. Es como si en 1870 hubiésemos expresado la misma idea, pero diciendo que los extraterrestres emplean globos de aire caliente para su exploración del espacio. Lejos de ser demasiado audaces, lo que expresan tales ideas es una total falta de imaginación.

Por otra parte, los relatos populares que hablan de supuestos contactos con extraterrestres son en extremo chauvinistas.

Un autor americano llamado Richard Shaver alega que las rocas ordinarias, cortadas en finas rebanadas, contienen un conjunto de fotografías dejadas por una antigua civilización, fotografías que se pueden montar para proyectarlas como una película. Y añade: elegir cualquier roca y cortarla en rebanadas.

En el altiplano de Nazca, Perú, hay una serie de gigantescas figuras geométricas. Estando entre ellas son difíciles de ver, pero aparecen muy claras cuando se las observa desde el aire. Es fácil comprobar cómo una antigua civilización humana pudo hacer tales figuras. Pero, ¿por qué? –nos preguntamos–, ¿por qué una civilización extraterrestre había de llevar a cabo semejantes construcciones o figuras? Si las gentes en aquella época creían en la existencia de dioses en el cielo, no tiene nada de particular imaginarles haciendo estas marcas gigantescas para comunicarse así con dichos dioses. Las marcas y figuras pueden ser una especie de oración gráfica. Pero no demuestran, necesariamente, la realidad del supuesto receptor de la oración.

Hay otros casos que parecen ser convincentes en un principio, como, por ejemplo, la existencia de un cubo de acero perfectamente fresado, que se dice está en el museo de Salzburgo y que fue hallado en estratos geológicos que tenían millones de años de antigüedad. O la recepción de señales de llamada por televisión emitidas desde el espacio durante tres años.

Estos casos son seguramente burdas mentiras.

Asimismo, hay circunstancias arqueológicas igualmente provocativas que los escritores de tales libros sensacionalistas han pasado por alto. Por ejemplo, en el friso de la gran pirámide azteca de San Juan Teotihuacán, fuera de la ciudad de México, hay una figura que se repite y que se describe como el dios de la lluvia, pero que se parece enormemente a un vehículo anfibio con cuatro faros. Ni por un momento creo que tales vehículos anfibios fuesen indígenas en el tiempo de los aztecas, entre otras razones, porque semejantes artefactos están muy cerca de lo que nosotros hemos creado hoy.



**El dios de la lluvia, en el friso del Templo del Sol, en San Juan Teotihuacán, México. Fotografía por el autor.**

Estos artefactos son, en realidad, pruebas psicológicas proyectivas. La gente puede ver en ellos lo que desee. No hay nada que impida a alguien ver a su alrededor señales o muestras de antiguas visitas de seres extraterrestres. Para una persona con mentalidad medianamente escéptica tales pruebas le resultarán siempre muy poco convincentes. Como el significado e importancia de tal descubrimiento serían enormes, debemos emplear un gran razonamiento crítico y adoptar posturas muy escépticas al tratar el tema. Los datos de que disponemos al respecto son incapaces de pasar por el fino tamiz de un detallado examen; en consecuencia, hemos de seguir mostrándonos algo más que escépticos, si es que nos sentimos realmente interesados por la llamada inteligencia extraterrestre.



## 29. Estrategia en la búsqueda de la inteligencia extraterrestre



Gran radiotelescopio de la Cornell University en Arecibo, Puerto Rico. Cortesía del National Astronomy and Ionosphere Center.

Supongamos que concertamos una reunión en cualquier lugar de la ciudad de New York con un extraño que no conocemos y sobre el que nada sabemos, cita más bien absurda, pero que será útil a nuestros propósitos. Le estamos buscando y él nos está buscando a nosotros. ¿Cuál es nuestra estrategia de búsqueda? Probablemente, no permaneceremos durante una semana en la esquina de la Calle

78 y Madison Avenue. En lugar de hacer esto, recordaríamos que en la ciudad de New York hay un cierto número de lugares famosos, tan bien conocidos para tal individuo como para nosotros. Entonces comenzaríamos a estudiar estos lugares: Estatua de la Libertad, Empire State Building, Grand Central Station, Radio City Music Hall, Lincoln Center, edificio de las Naciones Unidas, Times Square y, posiblemente, City Hall. Incluso podríamos examinar algunas otras posibilidades menores, como el Yankee Stadium, la entrada de Manhattan al Staten Island Ferry. Pero no hay un número Infinito de posibilidades. No hay millones de posibilidades, porque sólo hay una docena, y con tiempo podremos estudiarlas todas.

La situación es la misma en cuanto se refiere a la estrategia de búsqueda mediante una comunicación de radio interestelar. En ausencia de un anterior o primer contacto, ¿cómo sabemos por dónde empezar? ¿Cómo sabemos qué frecuencia o «estación» buscar?

Hay por lo menos millones de posibles bandas de frecuencia de radio. Pero una civilización interesada en comunicar con nosotros comparte también con nosotros conocimientos comunes sobre radioastronomía y sobre nuestra Galaxia. Por ejemplo, saben que el átomo más abundante en el Universo, el hidrógeno, emite característicamente en una frecuencia de 1,420 megahertzios. Saben que lo sabemos. Saben que sabemos que lo saben. Y así sucesivamente. Hay otras moléculas interestelares abundantes, como el agua o el amoníaco, que tienen sus propias frecuencias de emisión y absorción. Algunas de éstas se hallan en una región del espectro de radio galáctico, donde hay menos ruidos de fondo que en otras. Ésta también es una información que pudiéramos calificar de compartida. Los estudiosos de este problema han confeccionado una lista de una docena de posibles frecuencias que parece deben examinarse. Incluso se concibe que la vida basada en el agua comunique en frecuencia de agua, la vida basada en el amoníaco en frecuencias de amoníaco, y así sucesivamente.

Al parecer, existen posibilidades de que las civilizaciones extraterrestres avanzadas estén enviando señales de radio hacia nosotros, y que nosotros poseamos la tecnología adecuada para recibir tales señales. ¿Cómo habría de organizarse la búsqueda de estas señales? Los actuales radiotelescopios, incluso los más pequeños, deberían ser adecuados para llevar a cabo una búsqueda preliminar. En efecto, las investigaciones que en este campo se llevan a cabo en el Instituto de Radiofísica Gorki, de la Unión Soviética, requieren el empleo de telescopios e instrumental que son bastante modestos si los juzgamos con arreglo a los standards contemporáneos.

El muy capaz y competente presidente de la Academia de Ciencias Soviéticas, M. V. Keldish, una vez dijo, guiñándome el ojo que «cuando se descubra la inteligencia extraterrestre llegará a ser un importante problema científico». Uno de los primeros físicos americanos discutió conmigo que el mejor método para buscar inteligencia extraterrestre es «hacer» astronomía ordinaria; si se ha de realizar el descubrimiento, se hará sin ninguna complicación y cuando menos se espere. Pero me parece que podemos hacer algo para ayudar al éxito de tal búsqueda, y que el hecho de colaborar con la radioastronomía no es lo mismo que buscar explícitamente ciertas estrellas, frecuencias, intervalos de frecuencias, y constantes de tiempo, todo ello orientado al encuentro de la inteligencia extraterrestre.

Pero, para ello, es necesario investigar enormes cantidades de estrellas y muchas posibles frecuencias. Sin duda alguna, sería muy largo un programa basado en una búsqueda razonable. Y, por otra parte; nadie duda de que esta última, realizada durante todo el tiempo con un gran telescopio, duraría décadas, por lo menos. Los observadores de radio, en tal empresa, por muy entusiastas que se mostraran en la búsqueda de inteligencia extraterrestre, terminarían por aburrirse tras muchos años de inútil labor. Un radioastrónomo, al igual que otros científicos, está interesado en trabajar sobre problemas que muestren posibilidades de inmediatos resultados.

La estrategia ideal implicaría un gran telescopio que dedicara la mitad del tiempo al descubrimiento de inteligencia extraterrestre, y la otra mitad, al estudio de objetivos radioastronómicos más convencionales, como los planetas, pulsars, moléculas interestelares, etc.. La dificultad en usar varios de los actuales observadores de radio, digamos que cada uno de ellos el 1 % de su tiempo, está en que dichas actividades tendrían que llevarse a cabo durante muchos siglos para alcanzar una razonable probabilidad de éxito.

Así pues, habría que examinar una amplia variedad de objetos: estrellas tipo G, como la nuestra; estrellas tipo M, que son más antiguas, y objetos extraños o exóticos, que pueden ser agujeros negros o posibles manifestaciones de actividades de reformas astrales. El número de estrellas y otros objetos de nuestra propia Vía Láctea es de unos doscientos mil millones, y el número que debemos examinar para conseguir cierta probabilidad de descubrir tales señales parece ser, al menos, de millones.

Hay una estrategia alternativa para buscar penosamente cada millón de estrellas y descubrir señales de una civilización no mucho más avanzada que la nuestra. Podríamos examinar toda una galaxia muy pronto, buscando también señales de una civilización mucho más avanzada que la nuestra (véanse capítulos 34 y 35). Un pequeño radiotelescopio puede orientarse hacia la más cercana galaxia espiral, hacia la que esté más cerca de la nuestra, la gran galaxia M31 en la constelación de Andrómeda, y simultáneamente, observar doscientos mil millones de estrellas. Aun cuando muchas de estas estrellas estuvieran radiando con una tecnología ligeramente superior a la nuestra, no captaríamos sus señales. Pero si solamente unas pocas radian con la potencia de una civilización muy avanzada, podríamos detectarlas fácilmente. Además de examinar las estrellas cercanas que nos aventajan muy ligeramente en tecnología, parece que tiene sentido, por lo tanto, examinar al mismo tiempo muchas estrellas de las galaxias vecinas, ya que tan sólo unas pocas de ellas pueden estar habitadas por civilizaciones muchísimo más avanzadas que la nuestra.

Hasta ahora hemos estado describiendo la búsqueda de señales radiadas en nuestra dirección general por civilizaciones interesadas en comunicarse con nosotros. Pero los terrestres no estamos radiando señales con dirección a alguna estrella o estrellas específicas. Si todas las civilizaciones escuchan y no transmiten, podríamos llegar a la errónea conclusión de que la Galaxia está deshabitada, excepto nuestra propia existencia. Así pues, se ha propuesto –como alternativa y empresa mucho más costosa– que nosotros también «paremos la oreja»; es decir que trabajemos sobre señales que una civilización usa para sus propios propósitos, como, por ejemplo, transmisiones de radio y televisión domésticas, sistemas de

radar y demás. La construcción y funcionamiento de un gran radiotelescopio, que dedicara la mitad del tiempo a una rigurosa búsqueda de señales enviadas hacia la Tierra por una civilización extraterrestre, costaría decenas de millones de dólares (o rublos). Un conjunto de radiotelescopios diseñados para «husmear» a una distancia de algunos centenares de años-luz costaría muchos miles de millones de dólares.

Por añadidura, la probabilidad de éxito en lo que llamamos aquí «husmear» puede ser baja. Hace cien años no lanzábamos señales de radio o televisión al espacio. Dentro de cien años, el perfeccionamiento de las transmisiones de radio vía satélite y televisión por cable, así como la aparición de nuevas tecnologías, pueden significar que, una vez más, no saldrán al espacio señales de radio o televisión. Puede ser que tales señales sean detectables sólo durante unos cuantos centenares de años en la historia de un planeta, historia que se contará en miles de millones de años. Por tanto, la empresa de «husmear» o «fisquear», además de resultar costosa, también puede tener muy pocas probabilidades de éxito.

Es un tanto curiosa la situación en que nos encontramos. Al menos, hay una buena probabilidad de que haya muchas civilizaciones, lanzando señales hacia nosotros. Poseemos la tecnología para descubrir tales señales a distancias inmensas, al otro lado de la Galaxia. Excepto algunos pequeños esfuerzos realizados por los Estados Unidos y la Unión Soviética, nosotros —es decir, la Humanidad— no estamos llevando a cabo la búsqueda de inteligencia extraterrestre. Tal empresa es suficientemente emocionante y, al menos, lo bastante respetable para que pudiese haber pocas dificultades en dedicar personal a un radioobservatorio diseñado para este propósito, personal entre el cual figurasen científicos capaces e innovadores, científicos con ideas. El único obstáculo parece ser el dinero.

Aunque el hecho no sea una bagatela, lo cierto es que algunas decenas de millones de dólares (o rublos) representan, sin embargo, una cantidad de dinero que realmente está al alcance de individuos ricos y fundaciones. De hecho, hay en la astronomía una larga y orgullosa historia de observatorios fundados por individuos particulares y por algunas fundaciones. El Lick Observatory, en Mount Hamilton, California, fue fundado por el señor Lick (que deseaba construir una pirámide, pero se conformó con un observatorio, en cuya base está enterrado); el Yerkes Observatory, en Williams Bay, Wisconsin, fundado por el señor Yerkes; el Lowell Observatory de Flagstaff, Arizona, fundado por el señor Lowell, y el Mount Wilson y Mount Palomar Observatories, en California del Sur, fundación establecida por el señor Carnegie. Es posible que pronto llegue el dinero del Gobierno. Un dinero que pueda costear tal empresa. Después de todo, cuesta aproximadamente lo que los aviones americanos que remplazaron a los derribados en el Vietnam y en la semana de la Navidad de 1972. Pero un radiotelescopio diseñado para la comunicación con la inteligencia extraterrestre y, junto a él, un buen centro de exobiología, sin duda alguna sería un adecuado monumento conmemorativo para algunos de nosotros.

30. Si tenemos éxito...



Una red de civilizaciones galácticas, en comunicación mutua. Ilustración de Jon Lomberg.

Hay gente que se preocupa al reflexionar sobre el problema de una comunicación interestelar. ¿Qué sucederá si entramos en contacto con una civilización mucho más avanzada que la nuestra?

En la Tierra, la historia de los contactos entre civilizaciones tecnológicas avanzadas y atrasadas es más bien triste. Las sociedades menos avanzadas técnicamente – aunque puedan disfrutar de matemáticas superiores, astronomía, poesía, o preceptos morales– desaparecen. Si ésta es aquí una ley natural de selección, ¿por qué no ha de serlo en cualquier otra parte? Y en ese caso, ¿no debemos mantenernos quietos?

Están los que predicen una terrible catástrofe si radiamos nuestra presencia a otra estrella. Los extraterrestres vendrán y nos comerán o sucederá algo igualmente desagradable. (Realmente, si somos especialmente sabrosos, sólo necesitan una muestra de uno de nosotros, determinar qué secuencia de aminoácidos nos hacen apetitosos y luego reconstruir las apropiadas proteínas en su propio planeta. El elevado coste del transporte nos convierte en algo poco apetecible desde el punto de vista económico.) El mensaje a bordo del *Pioneer 10* fue criticado por unos cuantos porque «denunciaba» nuestra posición en la Galaxia. Dudo mucho que tengamos la suficiente categoría como para constituir una amenaza a alguien ahí fuera. Somos la civilización más retirada y la que menos probabilidades tiene de entrar en comunicación, y los enormes espacios entre las estrellas son una especie de cuarentena natural que nos impiden, en un futuro próximo, mezclarnos por ahí arriba o abajo con otros seres.

Pero, en cualquier caso, ya es demasiado tarde. Ya hemos anunciado nuestra presencia. Las iniciales emisiones de radio, comenzando con Marconi y alcanzando notable intensidad en los años 20, han atravesado la ionosfera y se extienden a la velocidad de la luz en un frente ondulado esférico centrado alrededor de la Tierra. Y en ese frente una avanzada civilización técnica puede recoger las transmisiones de Enrico Caruso, el juicio Scopes, las elecciones de 1928, las grandes orquestas de jazz. Éstos son los precursores de las culturas de la Tierra, nuestros primeros emisarios a las estrellas.

Si hay civilizaciones técnicas a una distancia de cincuenta años-luz, ahora mismo estarán descubriendo estas extrañas y primitivas señales. Aun cuando estén preparadas para responder instantáneamente con la nave espacial más rápida, pasarán por lo menos otros cincuenta años antes de que sepamos algo de ellos. El *Pioneer 10* tardará un millón de años en recorrer la misma distancia.

Es demasiado tarde para mostrarnos tímidos o con dudas. Hemos anunciado nuestra presencia al Cosmos, de una manera tardía, a tuestas, poco representativa... ¡pero aquí estamos!

Las enormes distancias entre las estrellas implican que no habrá diálogos cósmicos mediante transmisiones de radio. Supongamos que recibimos una señal de una civilización situada a una distancia posible para el contacto, digamos, por ejemplo, a unos trescientos años-luz. El mensaje quizá diría: «¡Hola, amigos! ¿Cómo estáis?» Estando ya preparados para este momento inmediatamente, replicaremos diciendo:

«Muy bien, ¿y vosotros?» Esta mutua comunicación costaría un tiempo aproximado de seiscientos años. En consecuencia, no sería una conversación muy animada.

Hace seiscientos años la peste asoló a Europa, la dinastía Ming acababa de descubrirse, Carlos el Prudente se sentaba en el trono francés, Gregorio XI era Papa, y los aztecas estaban ahorcando a los que contaminaban el aire y el agua. Seiscientos años representa un largo período en la Tierra. La comunicación interestelar por radio no será un diálogo, sino un monólogo. Los tipos ignorantes escuchan a los listos, como si el astrólogo de Carlos el Prudente recibiera un mensaje nuestro.

Aunque el período de tiempo para que una señal de radio recorra una distancia de trescientos años-luz siga siendo de trescientos años, la cantidad de información que puede transmitir es enorme. De hecho y con instrumentos no mucho más avanzados que los nuestros, en unos cuantos días se podría transmitir todo lo más importante relacionado con nuestra civilización. Tardaría trescientos años en llegar allí, pero la transmisión más rápida siempre será en la otra dirección, desde los listos (ellos) a los ignorantes (nosotros). Es posible que surquen el espacio varias transmisiones a la vez dirigidas a la Tierra y así habrá que aprender el lenguaje de tales transmisiones. Pero lo que sí está claro es que no las oiremos si no escuchamos.

Pero, ¿cómo podríamos descifrar tal mensaje? Los eruditos europeos invirtieron más de un siglo en llevar a cabo equivocados intentos de descifrar los jeroglíficos egipcios antes de descubrir la Piedra Roseta y el brillante ataque sobre su traducción llevada a cabo por Young y Champollion. Algunas lenguas antiguas, como los glifos de la isla de Pascua, escritos de los mayas y algunas variedades de escritura cretense, hoy día aún siguen siendo totalmente no intraducibles, sino más bien indescifrables. Sin embargo, eran lenguas de seres humanos como nosotros mismos, con instintos biológicos comunes, y lejos de nosotros en el tiempo sólo en unos centenares o miles de años. ¿Cómo podemos esperar que una civilización muchísimo más avanzada que la nuestra y basada enteramente en diferentes principios biológicos, pueda enviar mensajes que nosotros entendamos?

Las diferencias en los dos casos son la intención y la inteligencia. El objetivo de los glifos de la isla de Pascua no era comunicar con los científicos del siglo xx. Era comunicarse con otros habitantes de la isla de Pascua o posiblemente con los dioses. La idea de un código o clave, al menos en el terreno de la inteligencia militar, es siempre confeccionar un mensaje difícil de descifrar. Pero lo que aquí estamos tratando es lo opuesto. No hablamos de criptografía, sino más bien de una anticriptografía, diseño de un mensaje realizado por una civilización muy inteligente, y diseño tan sencillo que incluso civilizaciones más primitivas que la nuestra puedan leer.

El mensaje se basará en detalles comunes entre civilizaciones transmisoras y receptoras. Estos detalles comunes, por supuesto, no será ningún lenguaje hablado o escrito ni tampoco se basará en nuestros materiales genéticos, sino que más bien han de versar sobre aquello que compartimos en común: el Universo que nos rodea, ciencia y matemáticas. Hay esquemas mediante los cuales se transmiten propuestas matemáticas, propuestas que llevan consigo conceptos tales como la suma y la igualdad y negación, y desembocando después en conceptos más sofisticados. Hay esquemas sobre el envío de mensajes por radio en los que el número de elementos

son claramente algo así como fotografías y que cuando se reconstruyen como tales se llegan a entender muy bien. La placa del *Pioneer 10* es un ejemplo de la clase de fotografía o dibujo que, transmitido como un objeto en una sonda espacial o como foto o cuadro por transmisión de radio, sería entendido muy bien por una civilización extraterrestre muy avanzada. De la misma manera, unos mensajes parecidos que lleguen hasta nosotros, los entenderemos perfectamente, si tenemos la curiosidad de escuchar.

Hay algunos científicos que consideran la ausencia de diálogo como algo realmente molesto, como si los diálogos significativos fueran cosa común en este planeta. Philip Morrison, del Massachusetts Institute of Technology, ha señalado que tales monólogos culturales son muy comunes en la historia de la Humanidad; que, por ejemplo, todo el patrimonio cultural de la Grecia clásica, que ha influido tan profundamente sobre nuestra civilización, ha viajado sólo en una dirección con el tiempo. No hemos enviado nuestra sabiduría a los griegos. Los griegos nos han enviado su sabiduría a nosotros, sobre papel y pergamino, y no por ondas de radio, pero el principio es el mismo.

Los conocimientos éticos, científicos, lógicos y culturales que se conseguirán mediante las transmisiones galácticas, pueden ser, a la larga, el acontecimiento más importante y profundo en la historia de nuestra civilización. Se obtendrá información en unos campos que no se podrán calificar de humanidades, porque nuestros comunicantes no serán humanos. Posiblemente, habrá una desviación, por así decirlo, de la forma en que nosotros vemos el Cosmos y a nosotros mismos. Habrá una nueva perspectiva en las diferencias que percibimos entre nosotros, una vez que capturemos las enormes diferencias que existirán entre nosotros y los seres de otras partes, seres con los cuales, sin embargo, tenemos intereses intelectuales comunes.

Pero, al mismo tiempo, no es probable que haya un cambio discontinuo. La información puede llegar cualquier día mediante nuestros radiotelescopios en rapidísima transferencia. El hecho de descifrar el mensaje, la comprensión de su contenido y la aplicación extremadamente cuidadosa de lo que se nos ha enseñado pueden costar décadas e incluso siglos.

Es muy probable que el impacto cultural del contenido del mensaje sea pequeño. Sin embargo, el principal impacto lo constituirá la recepción del propio mensaje. El alunizaje de hombres en la Luna se considera hoy día, al menos en los Estados Unidos, cosa tan normal y corriente, que sospecho que puedo decir que la recepción de un mensaje de una civilización extraterrestre, mensaje que cueste mucho tiempo descifrar y entender, no será tampoco cosa muy sorprendente para el hombre de la calle.

Y hasta es posible que deseemos responder.

¿Por qué una sociedad avanzada desea realizar esfuerzos por comunicar tal información a otra sociedad atrasada y nueva como la nuestra? Puedo imaginar que les impulsa la benevolencia; que durante sus fases de aparición se ayudaron a sí mismos con tales mensajes y que ésta es una tradición digna de continuación. Hay algunos relatos de ciencia-ficción, en los cuales los contenidos de los mensajes son malévolos, en los que recibimos instrucciones para construir una máquina, que luego

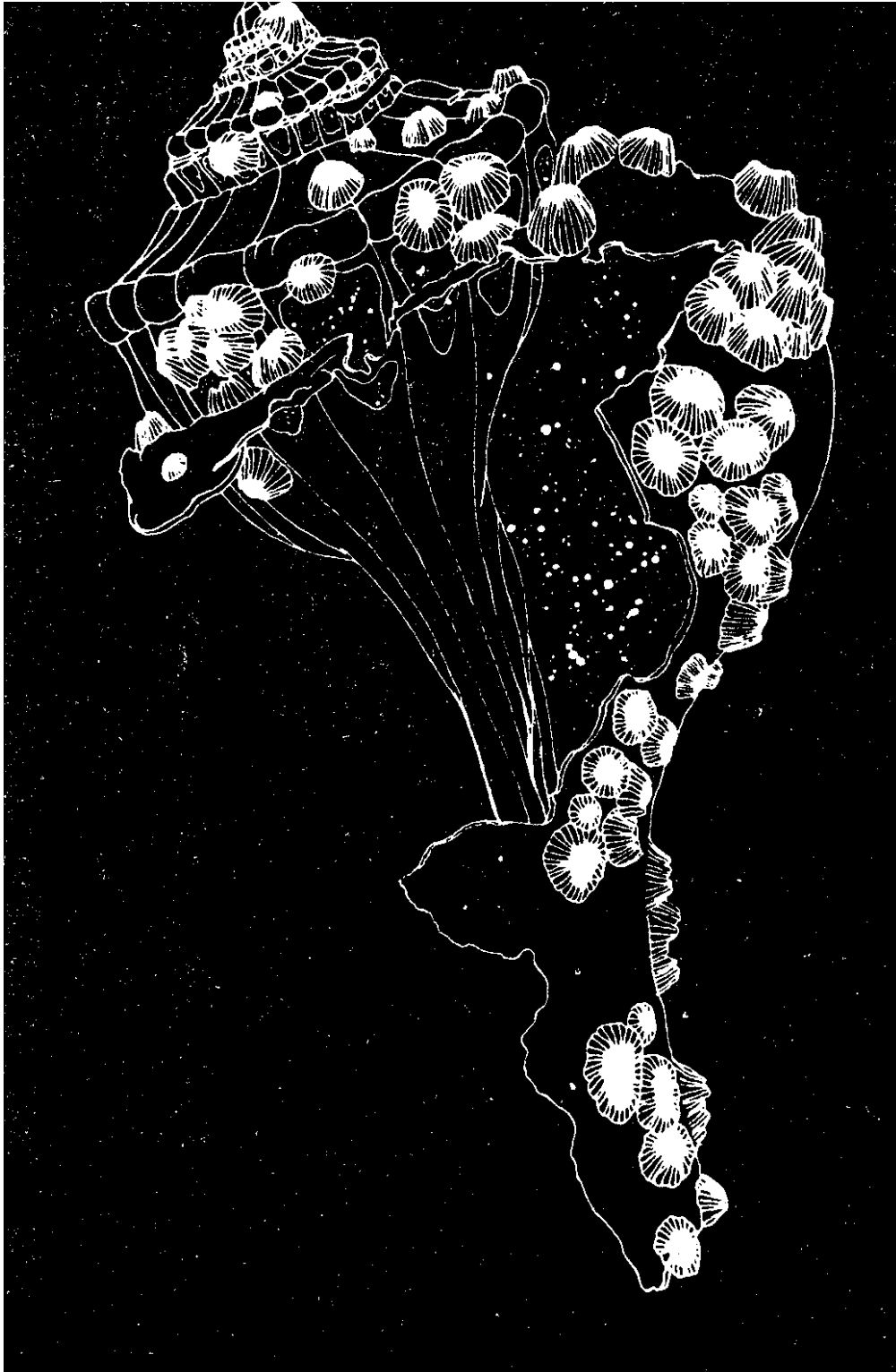


fabricamos obedientemente y que, más tarde, también de manera sumisa toma posesión de la Tierra. Pero nadie construirá a ciegas tal máquina. Nadie obedecerá las instrucciones contenidas en un mensaje extraterrestre hasta que se comprendan bien las bases científicas de tales instrucciones. Ésta es una de las razones por las cuales el impacto cultural de un mensaje ha de ser pequeño. No creo que haya ningún peligro de importancia en la recepción de tal mensaje, siempre y cuando se tomen las más elementales precauciones con respecto a su contenido.

Se ha sugerido que el contenido del mensaje recibido, del mensaje inicial, se entiende, contendrá instrucciones para evitar nuestra propia autodestrucción, posible destino común de todas las sociedades que han alcanzado la fase técnica. Ciertamente, hay en nuestro planeta suficientes armas nucleares como para liquidar no una, sino varias veces a todos los hombres, mujeres y niños. Se dice que las civilizaciones extraterrestres avanzadas, motivadas bien por altruismo, o bien por un interés egoísta en mantener un estimulante grupo de comunicantes, proporcionan información para que algunas sociedades se establezcan. No sé si esto es posible; las diferencias históricas entre organismos y sociedades con miles de millones de años de evolución independiente serían enormes. Pero es una posibilidad que vale la pena no ignorar, esta hipótesis de que la existencia de comunicaciones interestelares aumente el número de civilizaciones y que pueda ser la base de nuestra propia supervivencia.

Hay otra forma en la que este mismo proceso puede funcionar bien, aunque no haya instrucciones específicas sobre cómo evitar destruirnos a nosotros mismos. Está el factor de la escala del tiempo. Los Gobiernos de la Tierra rara vez hacen proyectos que vayan más allá de un período de cinco años. Los individuos normalmente hacen proyectos para espacios de tiempo mucho más pequeños. Incluso una inútil búsqueda de inteligencia extraterrestre, que puede alargarse durante décadas o siglos, es un ejemplo útil de planificación a largo plazo. Pero habría que pensar en las consecuencias de recibir un mensaje que se transmitió hace trescientos años y que se discutirá durante otros seiscientos. Esperar la respuesta a la nuestra requiere, así, una continuidad de propósitos muy poco corriente en las instituciones humanas. Gran parte de las catástrofes ecológicas actuales se deben al ansia de ganancias a plazo corto y a una asombrosa ceguera hacia los desastres a largo plazo. La escala del tiempo de civilizaciones interestelares y la comunicación con ellas proporcionan un sentido de continuidad histórica, vital para la continuación de nuestra propia civilización.

31. Cables, tambores y caracolas



Concha estelar. Ilustración de Jon Lomborg.

En casi todas las descripciones científicas de contactos entre la Tierra y una civilización extraterrestre, a esta última se la menciona como avanzada.

¿Por qué avanzada? ¿Por qué no hay allí alguna civilización primitiva, individuos atrasados, andando a tientas sobre escombros interestelares y remendando continuamente todas las cosas? ¿Por qué estamos tan obsesionados con unas supuestas civilizaciones avanzadas?

La respuesta es muy sencilla: las primitivas no nos hablan. (Las verdaderamente inteligentes tampoco lo hacen, pero dentro de poco ya tocaremos este punto.)

Pensemos en un contacto empleando la radioastronomía. La radioastronomía en la Tierra es un subproducto de la Segunda Guerra Mundial, cuando hubo fuertes presiones militares para el perfeccionamiento del radar. Una seria radioastronomía surgió solamente en los años cincuenta y los grandes radiotelescopios, en los años sesenta. Si definimos a una civilización avanzada como aquella capaz de efectuar comunicaciones a larga distancia empleando radiotelescopios, habrá que decir que en nuestro planeta la civilización avanzada sólo tiene unos diez años. Por tanto, cualquier civilización diez años menos avanzada que la nuestra no podrá hablarnos en absoluto.

Incluso los cálculos más optimistas sobre el índice de avance técnico de una civilización que pueda surgir en la Galaxia anuncian que es inferior a una cada diez años (véase capítulo XXVIII). Si esto es correcto, significa que de todas las civilizaciones de la Galaxia que pueden comunicar por radio no hay ninguna tan atrasada como la nuestra. Pueden existir millones de civilizaciones menos avanzadas que nosotros, pero no tenemos forma alguna de ponernos en contacto con ellas: carecen de la tecnología necesaria para recibir o transmitir. Las objeciones que se hacen al hecho de que el mensaje del *Pioneer 10* puede ser demasiado difícil de descifrar para los que lo reciban, parecen ignorar el hecho de que para que esto sea así los recipiendarios han de ser capaces ante todo de interceptar y captar este pequeño artilugio en el espacio interestelar, cosa que hasta ahora para nosotros representa tarea que va mucho más allá de nuestra capacidad. Si están lo suficientemente avanzadas como para poder capturar al *Pioneer 10*, en la obscuridad, entre las estrellas, creo que podrán ser lo suficientemente inteligentes como para captar también su mensaje, que puede ser leído sin ninguna dificultad por muchos físicos, tan atrasados como los de la Tierra.

Pero, ¿qué hay sobre las civilizaciones mucho más avanzadas que la nuestra? El progreso técnico que hemos alcanzado en los últimos siglos es realmente sorprendente. No sólo se han desarrollado o perfeccionado nuevas técnicas, sino que se han establecido nuevas leyes físicas y nuevos métodos de examinar el Universo. Este desarrollo intelectual y tecnológico es continuo. Si sobrevive la civilización de la Tierra, el avance de la ciencia y de la tecnología también continuará.

Las civilizaciones que nos superan en ciencia y tecnología en miles de millones de años es casi seguro que no podemos comprenderlas porque ni siquiera se podrán distinguir de lo que hoy nos parece magia. No es que lo que puedan hacer viole las

leyes de la física, pero sí que no entenderemos cómo pueden usar las leyes de la física para hacer lo que hacen.

Es posible también que estemos tan atrasados y seamos tan poco interesantes para tales civilizaciones, que no valgamos la pena de ningún contacto, o, al menos, de mucho contacto. Puede haber unos pocos especialistas en sociedades primitivas interplanetarias que reciban el grado de licenciados o doctores en el estudio de la Tierra o en escuchar nuestro tráfico áspero y hasta irritante de radio y televisión. Puede haber aficionados –boy-scouts, radioaficionados, etcétera– que se sientan interesados por lo que ocurre en la Tierra. Pero una civilización de un millón de años más avanzada que la nuestra, no sé, me parece que no se sentirá en absoluto interesada por nosotros.

Las comunicaciones entre dos civilizaciones muy avanzadas probablemente emplearán una ciencia y una tecnología inaccesibles para nosotros. Por tanto, carecemos de perspectiva alguna en lo que se refiere a captar tal tráfico de comunicación, bien accidentalmente o a propósito.

Somos como los habitantes de un valle aislado de Nueva Guinea que se comunican con otras sociedades de cercanos valles (sociedades bastante diferentes, podría añadir) mediante corredores o tambores. Cuando se les pregunta cómo una sociedad avanzada ha de comunicarse, quizás imaginen que ha de ser mediante un corredor extremadamente veloz o por medio de un tambor realmente gigantesco. Es casi seguro que no imaginen la existencia de una tecnología superior a la suya. Y, sin embargo, hay una enorme cantidad de tráfico de radio, de cable internacional, que pasa sobre ellos, a su alrededor, y a través de ellos también.

En este mismo momento estarán cruzando el espacio mensajes de otra civilización, mensajes impulsados por dispositivos superavanzados e inimaginables para nosotros, incapaces de detectarlos, pero ahí están; si tan siquiera supiésemos cómo detectarlos. Quizás el mensaje llegará vía ondas de radio para que sean detectadas por grandes radiotelescopios. O, quizá, por dispositivos más misteriosos, como la modulación de estrellas de rayos X, ondas de gravitación, neutrinos o canales de transmisión que nadie en la Tierra soñará aún durante siglos. O, probablemente, los mensajes ya están aquí, presentes en las experiencias de cada día, pero mensajes que resultan imposibles de captar porque no realizamos el correcto esfuerzo mental para ello. El poder y fuerza de tal civilización avanzada es muy grande. Es probable que sus mensajes estén ahí, aquí, en muchos sitios, situados en circunstancias por completo familiares.

Pensemos, por un momento, en las caracolas. Todo el mundo conoce el «sonido del mar» que escucha cuando arrimamos al oído una de estas caracolas marinas. Nos dicen que lo que oímos es el sonido muy ampliado de nuestra propia sangre. Pero, ¿es esto realmente cierto? ¿Se ha estudiado esto? ¿Acaso hubo alguien que se preocupara de estudiar o intentara descifrar el mensaje que suena en el interior de una caracola? No menciono este ejemplo como literalmente cierto, sino más bien como una alegoría. En algún lugar de la Tierra puede existir el equivalente al canal de comunicaciones de la caracola. El mensaje de las estrellas bien puede estar aquí ya. Pero, ¿dónde?

Escucharemos a la espera de oír tambores interestelares y pasaremos por alto los cables interestelares. Probablemente recibiremos nuestros primeros mensajes mediante los tambores de los valles galácticos vecinos, de civilizaciones cercanas a nuestro futuro. Las civilizaciones mucho más avanzadas que nosotros permanecerán durante mucho tiempo inaccesibles en la distancia. En un futuro de gran tráfico de radio interestelar, las civilizaciones muy avanzadas pueden ser para nosotros tan solo leyendas insubstanciales.

### 32. Tren nocturno a las estrellas



El tren carguero nocturno a las estrellas. Ilustración de Jon Lomberg.

Durante tres generaciones de seres humanos hubo –como una omnipresente, pero casi inadvertida, parte de sus vidas– un sonido de llamada, un grito que atravesaba la noche, llevando consigo la noticia de que había una forma, no muy difícil, de abandonar Twin Forks, North Dakota, o Apalachicola, Florida, o Brooklyn, New York. Era el quejumbroso ruido del tren nocturno, tan misterioso y evocador como el grito del somorgujo. Era un constante recordatorio de que había vehículos, dispositivos que, si se abordaban, podían sacarle a uno a alta velocidad de su pequeño mundo para llevarle a un mucho mayor Universo de bosques y desiertos, costas y ciudades.

Especialmente en los Estados Unidos, pero quizás en gran parte del Mundo, pocas personas viajan hoy día en tren. Hay generaciones enteras que crecen sin haber oído la llamada de esta sirena. Éste es el momento de homogeneizar el Mundo, cuando se está erosionando la diversidad de sociedades, cuando está surgiendo una civilización global. Ya no quedan lugares exóticos en la Tierra con los cuales poder soñar.

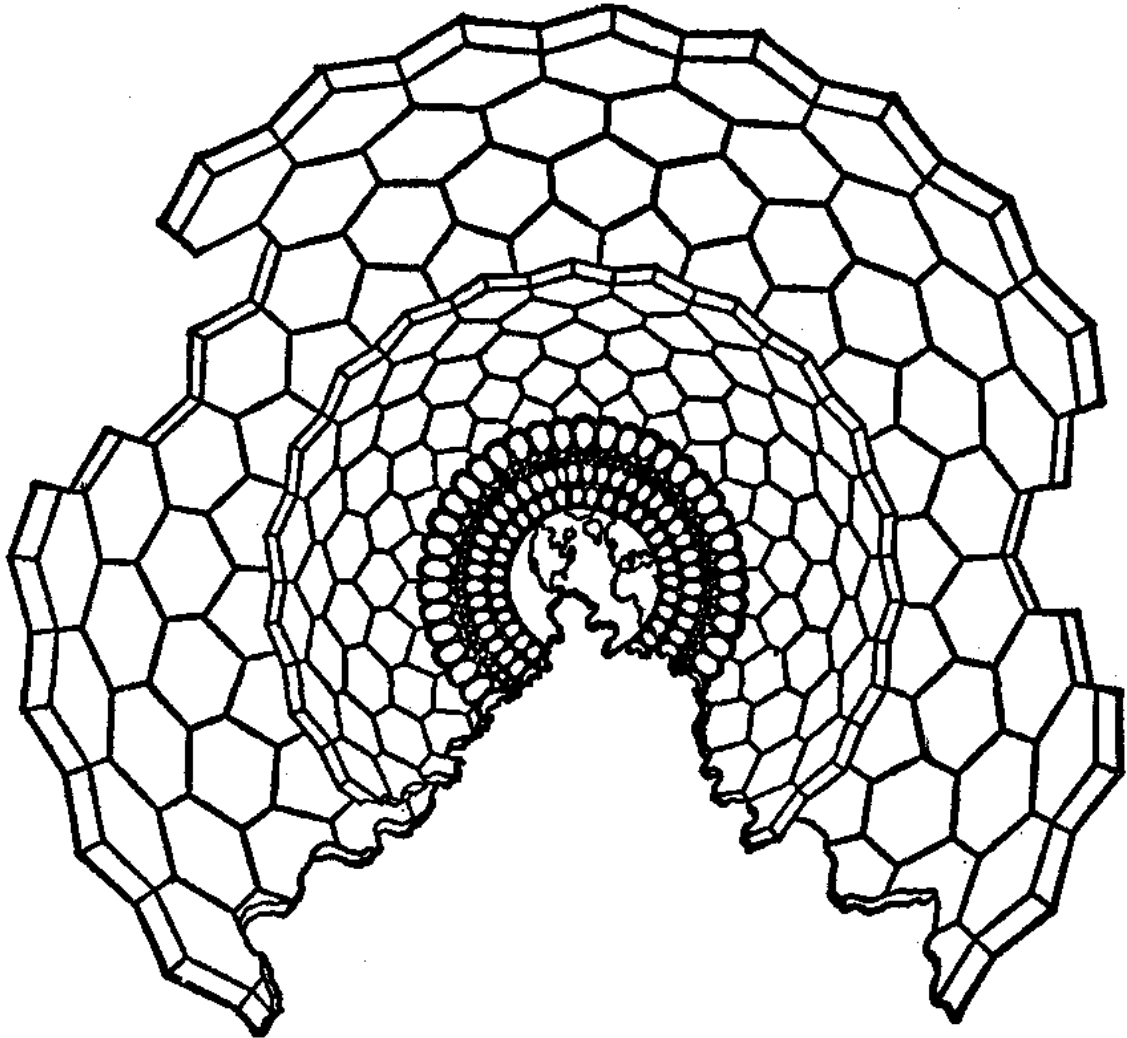
Y por esta razón impera cada día más la urgente necesidad de disponer de un vehículo, de un dispositivo, que nos lleve a alguna parte. No a todos nosotros; solamente unos pocos, a los desiertos de la Luna, a las antiguas costas de Marte, a los bosques del cielo. Hay algo de consolador en la idea de que un día unos cuantos representantes de nuestro pequeño pueblo terrestre puedan aventurarse a ir a las grandes ciudades galácticas.

Todavía no hay trenes interestelares ni máquinas que nos lleven a las estrellas. Pero un día pueden estar aquí. Las habremos construido o las habremos atraído.

Y entonces, una vez más sonará el silbato del tren nocturno. No el antiguo sonido del silbato de la locomotora, ya que el sonido no se oye en el espacio interplanetario o en el fantástico vacío entre las estrellas. Pero habrá algo, quizás el flash o relámpago luminoso del *magnetobrehmstrahlung*, cuando el vehículo estelar se aproxime a la velocidad de la luz. Habrá una señal.

Mirando desde las ciudades enormes como continentes y desde las también enormes reservas de caza, en una noche clara, lugares que pueden ser nuestro futuro en este planeta, los jóvenes soñarán que cuando sean mayores, si tienen suerte, tomarán el tren nocturno que les lleve a las estrellas.

### 33. Astroingeniería



Astroingeniería. Ilustración de Jon Lomberg.

Ahora, en un relato del que se han hecho muchas citas y posiblemente apócrifo, repetiremos aquí que el físico nuclear Enrico Fermi preguntó, durante un almuerzo celebrado en Los Alamos en los años cuarenta: «*¿Dónde están ellos?*» Si hay grandes cantidades de seres más avanzados que nosotros, murmuró al parecer, ¿por qué no hemos visto ninguna señal o huella de ellos, por ejemplo, una visita a la Tierra?

Hemos tratado este problema en los capítulos 27 y 28. Pero hay otra manera de plantear la pregunta de Fermi. Una civilización que nos supera tecnológicamente en cien años (teniendo en cuenta los actuales índices de progreso tecnológico), seguro



que podría comunicarse por radio, y quizá mediante otras técnicas desde cualquier punto de la Galaxia y también desde otras galaxias. Una civilización que nos supere tecnológicamente en mil años es probable que sea muy capaz de viajar físicamente entre las estrellas, aunque empleando considerable tiempo y recursos.

Pero, ¿y qué pensar de las civilizaciones que nos superan tecnológicamente en miles o centenares de miles de años o incluso más tiempo? Hay, después de todo, miles de millones de estrellas más viejas que el Sol. Las más antiguas de tales estrellas carecen de metales pesados y probablemente sus planetas también sufren la misma carencia. Tales estrellas, viejas estrellas, tienen medios ambientes hostiles al desarrollo de civilizaciones tecnológicas. Pero algunas estrellas, mil o dos mil millones de años más viejas que el Sol no sufren tales dificultades. Seguramente es posible que haya, al menos, unas cuantas civilizaciones que nos superen en el aspecto tecnológico en millones o en miles de millones de años.

Mediante prodigiosos recursos energéticos tales civilizaciones podrían reformar o cambiar el Cosmos. Hemos expuesto en el capítulo 22 cómo la vida en la Tierra ya ha alterado significativamente nuestro planeta y cómo podemos ya imaginar, en un futuro relativamente próximo, el realizar importantes cambios en los medios ambientes de los planetas más cercanos a nosotros.

Sin duda son posibles cambios mucho mayores en un futuro más lejano. El matemático Freeman Dyson, del Institute for Advanced Study, ofrece un esquema en el cual el planeta Júpiter se rompe trozo a trozo, transportado a la distancia de la Tierra desde el Sol y reconstruido en forma de concha esférica, un enjambre de fragmentos individuales girando alrededor del Sol. La ventaja de la propuesta de Dyson es que toda la luz solar que se desperdicia, al no caer sobre un planeta inhabitado, podría emplearse ventajosamente; y mantenerse así el exceso de población que ahora habita la Tierra. Si población tan vasta es deseable, es algo que aún no se ha resuelto. Pero lo que sí parece evidente es que con el actual índice de progreso tecnológico será posible construir la esfera de Dyson quizá dentro de algunos miles de años. En ese caso, es probable que otras civilizaciones más antiguas que la nuestra hayan construido ya tales enjambres esféricos.

Una esfera Dyson absorbe la luz visible del Sol. Pero no continúa absorbiendo indefinidamente esta luz sin llevar a cabo una reirradiación, ya que de no ser así la temperatura llegaría a ser sumamente alta. El exterior de la esfera Dyson irradia una radiación infrarroja al espacio. A causa de las grandes dimensiones de la esfera, el flujo infrarrojo de una esfera Dyson debe ser detectable desde grandes distancias, con la actual tecnología infrarroja, en distancias de centenares de miles de año-luz. Es de resaltar aquí el hecho de que en años recientes se han detectado grandes objetos infrarrojos de dimensiones parecidas a las del Sistema Solar y con temperaturas de menos de 500 °C [1000 °F]. Por supuesto, éstas no son necesariamente civilizaciones Dyson. Pueden ser enormes nubes que rodean a estrellas en proceso de formación. Pero estamos comenzando a descubrir objetos que no son muy diferentes a los artefactos de civilizaciones avanzadas.

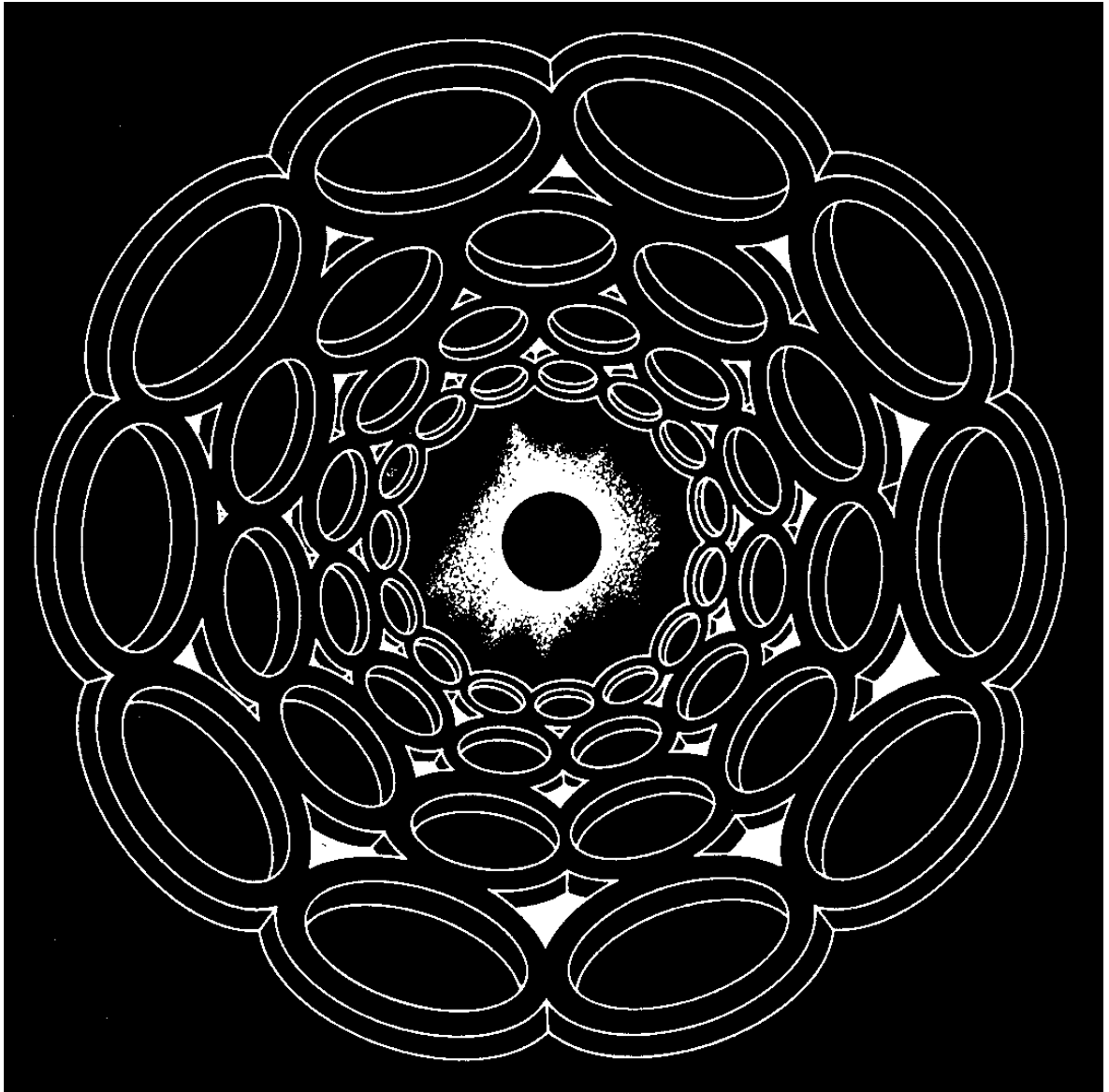
Hay muchos fenómenos en la astronomía contemporánea que no se entienden. Los quasars, por ejemplo, son uno de ellos. Las ondas de gravitación de alta intensidad procedentes del centro de nuestra Galaxia son otros. La lista podría alargarse de manera considerable. Mientras no entendamos estos fenómenos, no podemos

excluir la posibilidad de que sean manifestaciones de inteligencia extraterrestre. Esto apenas demuestra la probabilidad de la existencia de inteligencia extraterrestre, o, al menos, no en mayor medida que nuestra incapacidad de comprender los cambios de estación en Marte (capítulo 19), asumiendo que hay importantes pruebas de la existencia de vegetación en dicho planeta. Como dice el astrofísico soviético I. S. Shklovskii:

*«Sujetándonos a los principios de la ley, debemos suponer que todos los fenómenos astronómicos son naturales hasta que se demuestre lo contrario.»*

Algunos científicos han preguntado, ante lo que podríamos llamar reformulación de la pregunta de Fermi, ¿por qué las civilizaciones avanzadas no se hacen más evidentes? ¿Por qué las estrellas no se han reformado en cuadros enteramente artificiales en el cielo, quizá parpadeando con sus luces anunciando en distancias intergalácticas alguna bebida refrescante cósmica? Este ejemplo particular, por supuesto, no es muy defendible: la bebida refrescante de una sociedad puede ser veneno para otra. Más seriamente, las manifestaciones de civilizaciones muy avanzadas puede que, para nosotros, civilización atrasada, pasen inadvertidas, de la misma manera que pasa inadvertida para la hormiga que trabaja junto a la piscina de una ciudad cualquiera, la superior civilización técnica que la rodea en esos momentos.

### 34. Veinte preguntas: una clasificación de civilizaciones cósmicas



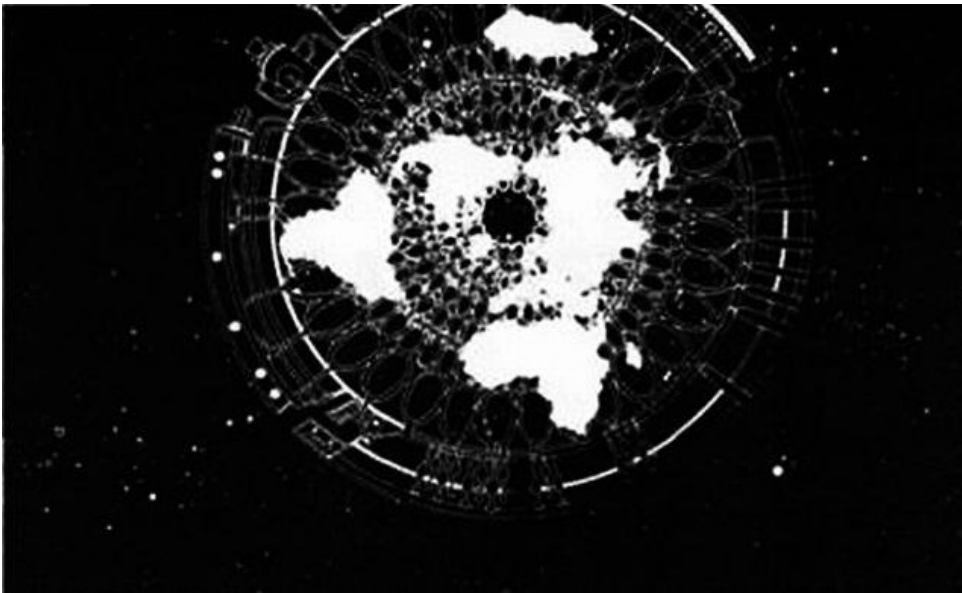
Civilización tipo 1.4 M. Ilustración de Jon Lomberg.

Para tratar con la posibilidad de que haya civilizaciones extraterrestres enormemente avanzadas, el astrofísico soviético N. S. Kardashev ha propuesto una distinción en términos de la energía disponible para una civilización y para propósitos de comunicación.

Una civilización tipo I es capaz de reunir, para propósitos de comunicación, el equivalente de toda la producción energética del planeta Tierra, que ahora se usa para calefacción, electricidad, transporte y demás; una gran variedad de propósitos

diferentes a la comunicación con civilizaciones extraterrestres. Por esta definición, la Tierra no pertenece todavía al tipo I de civilización.

La utilización o uso de fuerza de nuestra civilización está aumentando con suma rapidez. La actual producción de energía del planeta Tierra es algo así como  $10^{15}$  ó  $10^{16}$  vatios; es decir de un millón de millones a diez millones de millones de vatios. La cifra exponencial indica simplemente el número de ceros que siguen al 1. Por ejemplo,  $10^{15}$  significa quince ceros detrás del 1. El concepto de potencia en física es el de gasto de energía por unidad de tiempo. Un vatio equivale a diez millones de ergios de energía gastada por segundo. Toda la energía empleada en la Tierra equivale a encender, por ejemplo, cien millones de millones de bombillas de cien vatios. Especialmente si esta energía brotara en la parte de radio del espectro podría detectarse desde considerables distancias.



**Representación esquemática de una civilización tipo I, probablemente unos cuantos siglos más avanzada que la nuestra. Ilustración de Jon Lomberg.**

Una civilización tipo II puede usar con propósitos de comunicación una producción de energía equivalente a la de una típica estrella, aproximadamente  $10^{26}$  vatios. Ya vemos estrellas sumamente brillantes en frecuencias ópticas en las más cercanas galaxias. Una civilización tipo II lanzando en nuestra dirección  $10^{28}$  vatios en algunas ondas de radio estrechas podría detectarse a enormes distancias intergalácticas. Sería muy fácil de descubrir si empleáramos los procedimientos idóneos de búsqueda, y si tal civilización se hallara en la más próxima galaxia espiral a la nuestra, M31, la gran galaxia de la constelación Andrómeda. M31 es, sin duda, la galaxia más grande. Por ejemplo, una galaxia elíptica, la M87 –también conocida como Virgo A– contiene, quizá, diez millones de millones de estrellas.

Por último, Kardashev supone una civilización tipo III que emplearía, con propósitos de comunicación, la producción de energía de toda una galaxia, aproximadamente  $10^{36}$  vatios. Una civilización tipo III irradiándonos así se podría descubrir si estuviera en cualquier lugar del Universo. No hay nada previsto para una civilización tipo IV. No hay necesidad de que existan muchas civilizaciones tipo II o tipo III para que se

sienta su presencia una vez se organice cuidadosamente la búsqueda de civilizaciones extraterrestres. Muy bien podría ocurrir que unas cuantas civilizaciones tipo II o tipo III se detectasen con más facilidad que un gran número de civilizaciones tipo I, si eligiesen el hacernos señales (véase el capítulo 31).

El vacío de energía entre una civilización tipo I y otra tipo II o entre las civilizaciones del tipo II y III, es enorme, un factor de alrededor de diez mil millones en cada paso. Parece conveniente, si se ha de considerar el asunto seriamente, discriminar en medida más fina, por así decirlo. Sugeriría un tipo 1.0 como civilización, usando  $10^{16}$  vatios para la comunicación interestelar; tipo 1.1,  $10^{17}$  vatios; tipo 1.2,  $10^{18}$  vatios, y así sucesivamente. Nuestra civilización actual podría clasificarse algo así como un tipo 0.7.

Pero puede haber formas más significativas para caracterizar civilizaciones mediante la energía que puedan usar en sus comunicaciones. Factor importantísimo de una civilización es la cantidad total de información que almacene. Esta información se puede describir en términos de bits, el número de declaraciones si-no relativas a sí misma y al Universo que tal civilización conoce.

Un ejemplo de este concepto es el popular juego de «Veinte preguntas», tal y como se juega en la Tierra.

Un jugador imagina un objeto o concepto y realiza una clasificación inicial de él en el campo animal, vegetal, mineral, o en ninguno de estos tres. Para identificar el objeto o concepto, los otros jugadores pueden hacer un total de veinte preguntas que sólo se pueden responder con «sí» o «no». ¿Cuánta información se puede obtener de esta manera?

Se puede pensar en la caracterización inicial como tres preguntas de síes o noes: ¿Conceptual u real? ¿Biológico o no? ¿Planta o animal? Si estamos de acuerdo en que una partida de «veinte preguntas» persigue algo vivo, hemos respondido, en efecto, ya a tres preguntas cuando comience la partida. La primera pregunta dividió al Universo en dos partes (desiguales). La segunda pregunta dividió a una de estas dos partes en dos más, y la tercera dividió a otra de estas últimas, en otras dos. En tal momento hemos dividido al Universo aproximadamente en:

$$2 \times 2 \times 2 = 2^3 = 8 \text{ partes}$$

Cuando terminemos con nuestras veinte preguntas, habremos dividido al Universo en  $2^{20}$  partes adicionales (probablemente desiguales). Ahora,  $2^{10}$  es 1024. Podemos efectuar tales cálculos muy rápidamente si aproximamos  $2^{10}$  por  $1000 = 10^3$ ; por lo tanto,  $2^{20}$  es igual a  $(2^{10})^2$ , que aproximadamente es igual a  $(10^3)^2 = 10^6$ . El número total de preguntas efectivas, veintitrés, ha dividido al Universo en alrededor de  $2^{23}$  o  $10^7$  partes o retazos de información. Así, es posible que los jugadores hábiles ganen en «veinte preguntas» tan sólo si viven en una civilización que posee un contenido de información de aproximadamente  $10^7$  bits.

Pero, como digo más adelante, nuestra civilización se caracteriza por, quizá,  $10^{14}$  bits. Por consiguiente, los jugadores hábiles deben ganar en «veinte preguntas» en alrededor de  $10^7$  entre  $10^{14}$  veces, o una en  $10^7$ , o una en diez millones de veces. Que la partida se gane más a menudo en la práctica se debe a que hay una regla

adicional –por lo general, no estatuida, pero sí bien entendida: sobre todo porque el objeto o concepto mencionado deba ser algo que figure en la herencia cultural general de todos los jugadores. Pero esto debe significar que  $10^7$  bits de información pueden llevar en sí una gran cantidad de información sobre una civilización, sin duda alguna. Philip Morrison ha calculado que la contribución escrita total a nuestra actual civilización por parte de la civilización clásica griega, sólo es de aproximadamente  $10^9$  bits. Así, un mensaje de una sola dirección, que contiene, según las normas de la moderna radioastronomía, un número muy pequeño de bits de información, puede contener una significativa cantidad de nueva información y ejercer una poderosa influencia sobre una sociedad, a la larga.

¿Cuál es el número total de bits de información que hay en una palabra inglesa? ¿En todos los libros en el Mundo? Por lo general, se emplean en inglés veintiséis letras más diferentes marcas de puntuación. Calculemos que hay treinta y dos de tales «letras» que son efectivas. Pero  $32 = 2^5$ ; es decir, hay algo así como cinco bits por letra. Si una palabra típica tiene cuatro a seis letras (para un promedio de seis letras por palabra, tendría que haber muchas palabras caprichosas) habrá entonces de veinte a treinta bits por palabra. Un libro corriente –de unas trescientas palabras por página y de alrededor de trescientas páginas– tendría alrededor de cien mil palabras o, aproximadamente, tres millones de bits de información. Las más grandes bibliotecas del mundo, como la del Museo Británico, la Biblioteca Bodleian de Oxford, la Biblioteca Pública de New York, la Biblioteca Widener de Harvard, o la Biblioteca Lenin de Moscú, no tienen más de diez millones de volúmenes. Esto es aproximadamente  $3 \times 10^{13}$  bits de información.

Una fotografía mal revelada puede disponer de un millón de bits. Una caricatura muy complicada puede tener tan sólo unos mil bits. Por otra parte, una fotografía grande y en color puede tener mil millones de bits. Concedamos márgenes a la cantidad de información fundamental contenida en gráficos, fotografías y arte en nuestra civilización, así como la tradición oral grabada. Tratemos también de calcular –esto sólo puede hacerse de manera muy superficial– la información con la que nacemos sobre cómo tratar con el Mundo. (Los seres humanos, al nacer, son, en relación con otros animales, seres con muy poca información, pues tratamos con el Mundo mucho más en términos de información aprendida que de información instintiva o heredada.) Calculo, entonces, que nosotros y nuestra civilización podemos muy bien caracterizarnos por algo así como  $10^{14}$  o  $10^{15}$  bits de información.

Entre paréntesis, el viejo adagio chino de que vale más una imagen que diez mil palabras (trescientos mil bits en inglés, pero ¿y en chino?) es aproximadamente correcto con tal de que la imagen no sea demasiado complicada.

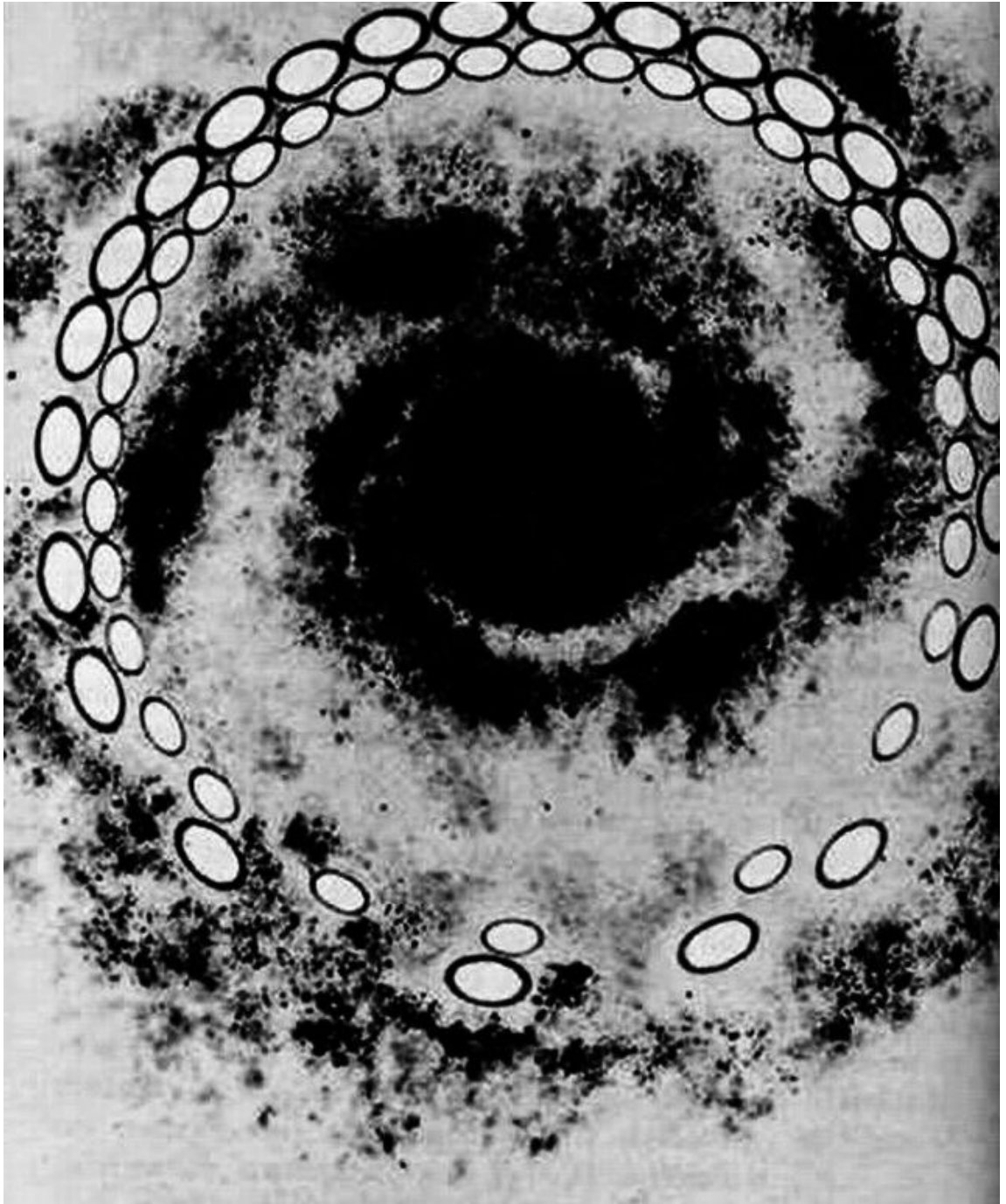
Podemos imaginar civilizaciones que tienen un número mucho más elevado de retazos que caracterizan a su sociedad en mayor grado que a la nuestra. En general, deberíamos esperar que una civilización superdesarrollada en la escala de energía debiera ser sumamente adelantada en la escala de información. Pero esto no necesita ser cierto del todo. En efecto, puedo imaginar sociedades que sean muy complejas y necesiten muchos más retazos para caracterizarlas que lo que necesita nuestra sociedad, pero que no están interesadas en la comunicación interestelar. La caracterización de civilizaciones interestelares requiere que distingamos su contenido de información también.

Si hemos empleado números para describir la energía, quizá debamos usar letras para describir la información. Hay veintiséis letras en el alfabeto inglés. Si cada una de ellas corresponde a un factor de diez en el número de bits, existe la posibilidad de caracterizar con el alfabeto inglés una gama de contenidos de información sobre un factor de  $10^{26}$ , gama muy amplia que parece adecuada a nuestros propósitos. Propongo llamar a un tipo de civilización A como una a nivel de «veinte preguntas», caracterizada por  $10^6$  bits. En la práctica, ésta es una sociedad extremadamente primitiva –mucho más primitiva que cualquier sociedad humana que conozcamos bien– y un buen punto de comienzo. La cantidad de información que hemos recibido de la civilización griega caracterizaría a esa civilización como de tipo C, aunque la cantidad real de información que caracterizó a la Atenas de Pericles probablemente es equivalente al tipo E, o así. Dé acuerdo con estas normas, nuestra civilización contemporánea, si se caracteriza mediante  $10^{14}$  bits de información, corresponde a un tipo H de civilización.

Una caracterización combinada de información/energía de nuestra actual sociedad global terrestre es del tipo 0.7H. El primer contacto con una civilización extraterrestre sería, creo yo, con una del tipo 1.5J o 1.8K. Si hubiese una civilización galáctica de un millón de mundos, y si cada uno se caracterizara por mil veces el contenido de información de nuestra civilización terrestre, la civilización galáctica sería del tipo Q. Mil millones de tales galaxias federadas con toda la información mantenida colectivamente se caracterizaría como civilización del tipo Z.

Pero, como exponemos en el capítulo siguiente, no hay suficiente tiempo en la historia del Cosmos para que se haya desarrollado tal tipo de sociedad intergaláctica.

### 35. Intercambios culturales galácticos



Símbolo de una galaxia unificada, por Jon Lomberg. La galaxia representada es la M74, en la constelación de Piscis.



Es posible especular en el futuro, muy distante, de las civilizaciones avanzadas. Podemos imaginar tales sociedades en excelente armonía con sus medios ambientes, su biología, y las extravagancias o caprichos de sus políticas, de manera que gozan de períodos de vida extraordinariamente largos. La comunicación tiene que haberse establecido hace ya mucho tiempo con otras civilizaciones. La difusión de conocimientos, técnicas y puntos de vista se extenderían a la velocidad de la luz. Con el tiempo, las diversas culturas de la Galaxia, que implica un gran número de organismos muy diferentes en su aspecto, basados en diferentes bioquímicas y diferentes culturas iniciales, se homogeneizarían, así como las diversas culturas de la Tierra están hoy día en procesos de homogeneización.

Pero tal homogeneización cultural de la Galaxia costará largo tiempo. Una comunicación por radio de ida y vuelta entre nosotros y el centro de la Vía Láctea requiere sesenta mil años. La homogeneización cultural de la Galaxia precisaría de muchos de tales cambios, aun cuando cada cambio implicara grandes cantidades de información enviada eficientemente. Considero difícil creer que serían adecuados no menos de cien intercambios entre los lugares más remotos de la Galaxia para la homogeneización cultural.

En consecuencia, el mínimo período de vida para la homogeneización de la Galaxia se extendería a muchos millones de años. Por supuesto, las sociedades deben permanecer estables durante períodos de tiempo comparables. Tal homogeneización no precisa ser deseada, pero se dan todavía presiones fuertes y evidentes para que ocurra, como es también el caso en la Tierra. Si hay una comunidad galáctica de civilizaciones que abarca gran parte de la Vía Láctea, y si estamos en lo cierto con respecto a que no se puede transmitir información a una velocidad mayor que la de la luz, entonces la mayor parte de sus miembros –y todos los miembros fundadores– de tal comunidad deben estar, por lo menos, millones de años más avanzados que nosotros. Por esta razón, creo que es algo muy fantástico o más bien una verdadera locura el suponer que actualmente se pueda establecer contactos por radio con los extraterrestres y llegar a ser miembro de la federación galáctica, algo similar a como si un armadillo solicitara ingresar en las Naciones Unidas.

Estas limitaciones de la velocidad de la luz, en cuanto se refiere a la comunicación, también se pueden aplicar a la homogeneización de culturas de diferentes galaxias, después de transcurrido un hipotético período de millones de años, en el cual las civilizaciones estelares de una determinada galaxia alcanzarán una cultura común. Podemos imaginar que otras galaxias estén tratando de entrar en contacto con estas federaciones galácticas.

Las galaxias espirales más cercanas se encuentran a varios millones de años-luz de distancia. Esto significa que un solo elemento de diálogo –un mensaje y su respuesta– necesitaría espacios de tiempo de varios millones de años, probablemente unos diez en total. Si se precisan cien de tales intercambios, la escala de tiempo para la homogeneización de un grupo de galaxias cercanas es entonces del orden de los mil millones de años. Las sociedades galácticas tendrían que ser estables y preservar la continuidad para tales períodos de tiempo. Esto significaría que una civilización sumamente vieja en nuestra Galaxia podría tener enormes semejanzas culturales con federaciones galácticas similares en otros

miembros de los que los astrónomos llaman modestamente el grupo «local» de galaxias.

Estas escalas de tiempo en la homogeneización están comenzando a alcanzar un punto que pone a prueba la credulidad. Hay suficientes catástrofes naturales y fluctuaciones estadísticas en el Universo –aun residiendo en muchos planetas simultáneamente durante más de mil millones de años– como para que una sociedad estable comience a ser poco probable. También, durante estos inmensos períodos de tiempo, las mismas sociedades galácticas comunicantes estarán evolucionando. Se precisarán muchos contactos para mantener la homogeneización. Las galaxias están tan alejadas una de otra que siempre retendrán su individualidad cultural.

En todo caso, para poseer homogeneización cultural con el grupo más próximo de galaxias como la nuestra, y empeñarnos en un centenar de intercambios de mensajes se necesitaría un tiempo superior a la edad del Universo. Esto no es excluir largos mensajes individuales de una galaxia a otra. Puede ser que enormes cantidades de información, por ejemplo –sobre la historia de una federación galáctica– quizá sean conocidas para civilizaciones de otras galaxias. Pero no habrá tiempo suficiente para diálogos. Como máximo, sería posible un intercambio entre las más distantes galaxias en el Universo. Dos intercambios de información a la velocidad de la luz necesitarían más tiempo del que existe, de acuerdo con la moderna cosmología.

Concluimos que no puede haber una red fuertemente coherente de comunicación, unificando inteligencias a través de todo el Universo si: 1) tales civilizaciones galácticas implican evolución hacia arriba de sociedades individuales planetarias; y 2) la velocidad de la luz es indudablemente un límite fijo en la velocidad de transmisión de información como la relatividad especial requiere (es decir, si ignoramos ciertas posibilidades como la de usar agujeros negros para el transporte rápido: véase capítulo 39). Esta inteligencia universal es una especie de dios que no puede existir.

En cierta forma, san Agustín y otros teólogos han llegado a la misma conclusión: Dios no debe vivir en uno a otro momento, sino durante todo el tiempo simultáneamente. Esto es, en cierto sentido, como decir que la relatividad especial no se aplica a Él. Pero los dioses de la supercivilización, quizá los únicos que admiten esta clase de especulación científica, están fundamentalmente limitados. Puede haber tales dioses de galaxias, pero no del Universo como un todo.

36. Entrada al Infinito



Ilustración posterior de *La máquina del tiempo* de H. G. Wells. De Clásicos Ilustrados.

Una de las ideas más penetrantes y fascinantes de la ciencia ficción es el viaje en el tiempo. En *La máquina del tiempo*, el relato clásico escrito por H. G. Wells, y en otras variaciones posteriores de la historia, hay una pequeña máquina construida, normalmente, por un solitario científico en un remoto laboratorio. Se marca en un dial el año que interesa, se sube a la máquina, se presiona un botón, y al instante, aquí está el pasado o el futuro. Entre los dispositivos comunes que aparecen en todos los relatos del viaje en el tiempo están las paradojas lógicas que acompañan al hecho de encontrarse a sí mismo hace varios años, en el pasado; suprimiendo un antecedente lineal, hereditario; interfiriendo directamente con importantes acontecimientos históricos ocurridos en los últimos milenios; o pisando accidentalmente una mariposa precambriana, siempre se está cambiando toda la historia subsiguiente de la vida.

Tales paradojas lógicas no se dan en los relatos sobre el viaje en el futuro. Excepto el elemento nostalgia —el deseo que todos sentimos de revivir o reivindicar algunos elementos del pasado—, un viaje hacia delante del tiempo seguramente es tan emocionante como el hecho de retroceder en el tiempo. Sabemos muchas cosas sobre el pasado, pero nada sobre el futuro. Los viajes hacia este último poseen un mayor grado de emoción y hasta de excitación intelectual que no tienen los que podríamos calificar de viajes hacia atrás, es decir de retroceso en el tiempo.

No cabe la menor duda de que el viaje hacia el futuro es posible: lo realizamos todos los días, a cada instante, al envejecer normalmente. Pero hay otras posibilidades más interesantes. Todo el Mundo ha oído hablar, e incluso hoy día hay mucha gente que la entiende, sobre la teoría de la relatividad de Einstein. Fue el genio de Einstein el que sometió nuestros usuales puntos de vista acerca del espacio, tiempo y simultaneidad, a un profundo y lógico análisis, que pudo haberse efectuado hace ya dos siglos. Pero la relatividad especial requería, para su descubrimiento, una mente que estuviera totalmente alejada de los prejuicios convencionales y ciega adhesión a las creencias predominantes; por supuesto, rara inteligencia en cualquier época.

Algunas de las consecuencias de la relatividad especial son contraintuitivas en el sentido de que no corresponden a lo que todo el Mundo ve observando cuanto les rodea. Por ejemplo, la teoría dice que una vara de medir se contrae en la dirección en que se mueve. Cuando uno avanza, andando, adelgaza en la dirección en que avanza, pero no a causa de una pérdida de peso. En el momento en que uno se detiene, inmediatamente recupera su dimensión corporal normal. En forma parecida, cuando corremos tenemos más peso, más solidez, que cuando permanecemos inmóviles. Estas proposiciones parecen estúpidas e incluso quizás absurdas, porque la magnitud del efecto es demasiado pequeño para medirlo a velocidades de impulso. Pero si fuésemos capaces de movernos a la velocidad de la luz (300000 km por segundo), estos efectos serían manifiestos. De hecho, los costosos sincrotrones —máquinas para acelerar partículas cargadas muy cerca de la velocidad de la luz— tienen en cuenta estos efectos y trabajan solamente porque ocurre que es correcta la relatividad especial. La razón de que estas consecuencias de la relatividad parezcan contraintuitivas es que no estamos acostumbrados a viajar a la velocidad de la luz. Y no es que le ocurra nada malo al sentido común; el sentido común ocupa perfectamente su lugar.

Hay una tercera consecuencia de la relatividad, un efecto raro e importante sólo cerca de la velocidad de la luz: el fenómeno llamado dilatación del tiempo. Si nos moviésemos próximos a la velocidad de la luz, el tiempo, tal y como se puede medir con nuestro reloj de pulsera o mediante los latidos del corazón, transcurriría más lentamente que el de un reloj comparable, pero estacionario. Además, ésta no es una experiencia de nuestra vida diaria, sino que es una experiencia de partículas nucleares que poseen relojes en su interior (sus tiempos de declinación o decadencia) cuando se mueven a la velocidad de la luz o más bien próximas a esta última. La dilatación del tiempo es una realidad medida y refrendada del Universo en que vivimos.

La dilatación del tiempo implica la posibilidad de viajar en el tiempo hacia el futuro. Un vehículo espacial que pudiera moverse arbitrariamente próximo a la velocidad de la luz condiciona el tiempo medido en el vehículo para moverse tan lentamente como se desee. Por ejemplo, nuestra galaxia tiene un diámetro de aproximadamente unos sesenta mil años-luz. A esta velocidad, dicho vehículo tardaría sesenta mil años en cruzar de un extremo a otro de la Galaxia. Pero este tiempo se mide, por supuesto, por un observador estacionario. Un vehículo espacial capaz de avanzar casi a la velocidad de la luz atravesaría la Galaxia de un lado, a otro en menos del tiempo que se atribuye a una vida humana. Con el vehículo idóneo, podríamos circunnavegar la Galaxia y regresar casi doscientos mil años más tarde, tal y como se mide en la Tierra. Naturalmente, nuestros amigos y parientes habrían cambiado un poco en este intervalo, como habría ocurrido con nuestra sociedad y es probable que hasta con nuestro planeta.

De acuerdo con la relatividad, incluso es posible circunnavegar todo el Universo dentro del período de tiempo de una vida humana, regresando a nuestro planeta muchos miles de millones de años en el futuro. De acuerdo con la relatividad, no hay la menor perspectiva o esperanza de viajar a la velocidad de la luz y ni tan siquiera acercarnos a semejante medida. Y tampoco hay posibilidad de viajar retrocediendo en el tiempo; simplemente podemos reducir el tiempo, pero no detenerlo o hacerlo retroceder.

Los problemas de ingeniería que implican la construcción de vehículos espaciales capaces de desarrollar tales velocidades, son enormes. El *Pioneer 10*, el ingenio más rápido fabricado por el hombre, y que ha podido abandonar nuestro Sistema Solar, viaja a una velocidad diez mil veces menor que la de la luz. Así pues, el viaje hacia el futuro no es, ni muchísimo menos, perspectiva inmediata, pero sí concebible para la avanzada tecnología de planetas de otras estrellas.

Aún hay otra posibilidad que debe mencionarse: es una perspectiva que, sin duda, encierra más especulación. Al final de sus tiempos de vida, las estrellas que tengan una masa 2.5 veces mayor que nuestro Sol sufrirán un colapso tan poderoso que no habrá fuerzas conocidas que puedan evitarlo. Las estrellas provocan una especie de pliegue o arruga en la tela sideral –más bien un «orificio o agujero negro»– en el cual desaparecen. La física de los agujeros negros no compromete la teoría de la relatividad de Einstein; sí implica muchas más dificultades a la teoría general de la relatividad. La física de los agujeros negros –particularmente de los agujeros negros que giran– se entiende en la actualidad bastante mal. Sin embargo, existe una conjetura que no se puede rechazar y que vale la pena anotar: Los agujeros negros

pueden ser una especie de paso o aberturas al Infinito, a algo desconocido incluso para la mente humana. Si nos lanzáramos al interior de uno de estos agujeros, seguramente, y así se especula, emergeríamos en otro lugar del Universo y en otra época en el tiempo. No sabemos si es posible alcanzar esta parte del Universo más rápidamente atravesando un agujero negro, que siguiendo la ruta normal. Ignoramos si es posible viajar en el pasado lanzándonos al interior de uno de estos agujeros negros. Las paradojas que implicaría esta última posibilidad podrían emplearse en contra de semejante probabilidad, pero en realidad no lo sabemos.

Hasta ahora, todo cuanto sabemos, o creemos saber, es que los agujeros negros son los canales de transporte de civilizaciones tecnológicamente avanzadas, quizá canales tanto en el tiempo como en el espacio. Hay un gran número de estrellas que poseen una masa 2.5 veces mayor que la del Sol; suponemos que todas ellas deben convertirse en agujeros negros durante su evolución relativamente rápida.

Los agujeros negros pueden ser entradas al País de las Maravillas. ¿Habría allí Alicias o conejos blancos?

### 37. Habitantes de las estrellas - 1. Una fábula



La nebulosa Trífida, una densa nube de polvo y gas, fuera de la cual se están formando brillantes estrellas. Cortesía del Steward Observatory, University of Arizona.

Sucedió una vez, hace diez o quince mil millones de años, que el Universo no tenía forma. No había galaxias. No había estrellas. No había planetas. Y no había vida. Reinaba la obscuridad sideral. El Universo era hidrógeno y helio. La explosión del Big Bang había acabado y los fuegos de aquel acontecimiento titánico –bien la creación del Universo, o bien las cenizas de una anterior encarnación del mismo– tronaban débilmente a través de los corredores del espacio.

Pero los gases de hidrógeno y helio no se hallaban adecuadamente distribuidos. Aquí y allá, en la gran obscuridad, por accidente, se amontonaba una cantidad de gas mayor que la regular. Tales grupos gaseosos aumentaban de manera imperceptible a costa de lo que les rodeaba, atrayendo gravitacionalmente cada vez más y más cantidades de gas cercano. A medida que estas acumulaciones de gas aumentaron en su masa, sus partes más densas, gobernadas por las inexorables leyes de la gravitación y de conservación del momento angular, se contrajeron haciéndose más compactas, a la vez que giraban cada vez a más velocidad. En el interior de estas grandes bolas giratorias y remolinos de gas, se condensaban fragmentos más pequeños de una mayor densidad; estos fragmentos se hicieron pedazos, formando miles de millones de contraídas bolas de gas más pequeñas.

La contracción condujo a violentas colisiones de los átomos en los centros de las bolas de gas. Las temperaturas se hicieron tan altas que los electrones se desprendieron de los protones en los átomos de hidrógeno constituyentes. Como los protones tienen cargas eléctricas positivas, se rechazan mutuamente. Pero con el tiempo las temperaturas en los centros de las esferas de gas llegaron a ser tan grandes que los protones chocaron con extraordinaria energía, una energía tan enorme que se llegó a penetrar la barrera de rechazo eléctrico que rodea al protón. Una vez producida esta penetración, las fuerzas nucleares –las que mantienen unidos el núcleo de los átomos– se pusieron en marcha. Del gas de hidrógeno simple se formó el átomo más cercano en complejidad, el helio. En la síntesis de un átomo de helio entre cuatro átomos de hidrógeno, hay una pequeña cantidad en exceso de energía sobrante. Esta energía, atravesando la esfera de gas, alcanzó la superficie y se irradió al espacio. La esfera de gas se encendió y se formó la primera estrella. Hubo luz en la faz celestial.

Las estrellas evolucionaron durante miles de millones de años, transformándose lentamente el hidrógeno en helio en sus profundos interiores, convirtiendo a la vez la diferencia de masa en energía, e inundando de luz los cielos. En aquellos momentos no había planetas que recibieran la luz, y ninguna forma de vida admiraba el resplandor del cielo.

La conversión de hidrógeno en helio no pudo continuar de modo indefinido. Por último, en los ardientes interiores de las estrellas donde las temperaturas eran suficientemente altas como para vencer a las fuerzas de rechazo eléctrico, se consumió todo el hidrógeno. Se atizó el fuego de las estrellas. Las presiones interiores ya no pudieron soportar el enorme peso de las superpuestas capas de las estrellas. Entonces las estrellas continuaron su proceso de colapso, que había sido interrumpido mil millones de años antes por los fuegos nucleares.



Al producirse una mayor contracción, se alcanzaron temperaturas más elevadas, temperaturas tan altas que los átomos de helio –cenizas de épocas anteriores de reacción nuclear– se convirtieron en útiles como combustible estelar. En el interior de las estrellas se dieron reacciones nucleares más complejas, a la vez que las estrellas aparecían como hinchadas, como estrellas gigantes y rojas.

El helio se convirtió en carbono, el carbono en oxígeno y magnesio, el oxígeno en neón, el magnesio en silicio, el silicio en azufre, y hacia arriba a través de la escala de la tabla periódica de los elementos, una masiva alquimia estelar. Grandes y complicados laberintos de reacciones nucleares formaron algunos núcleos. Otros se unieron para formar núcleos mucho más complejos. Y otros se fragmentaron o combinaron con protones para formar núcleos sólo ligeramente más complejos.

Pero la gravedad en la superficie de las estrellas gigantes es baja, porque las superficies se desarrollaron a partir de los interiores. Las capas exteriores de las gigantes rojas se disiparon lentamente en el espacio interestelar, enriqueciendo al vacío entre las estrellas con carbono, oxígeno, magnesio y hierro, y con todos los elementos más pesados que el hidrógeno y el helio. En algunos casos, las capas exteriores de la estrella se desprendían como si fuesen las sucesivas telas de una cebolla. En otros casos, una colosal explosión nuclear sacudió a la estrella lanzando al espacio a inmensa velocidad la parte más exterior de la misma. Bien por fuga o explosión, por disipación lenta o rápida, el material estelar se expandió al espacio como fino gas del que se habían formado las estrellas.

Pero aquí ya estaban naciendo generaciones posteriores de estrellas. Una vez más, las condensaciones del gas trazaron sus piruetas de gravitación para más tarde convertirse en estrellas. Pero estas nuevas y segundas generaciones estelares se enriquecieron en elementos pesados, patrimonio de sus precedentes. Entonces, al formarse nuevas estrellas, también se formaron cerca de ellas más condensaciones pequeñas, condensaciones demasiado pequeñas como para producir fuegos nucleares y convertirse en estrellas. Eran pequeñas agrupaciones de materia fría, muy poco densas, que se formaban lentamente a causa de la rotante nube, para ser iluminadas más tarde por los fuegos nucleares que ellas no habían podido generar. Estas agrupaciones de poca importancia se convirtieron en planetas: algunos, gigantes y gaseosos, compuestos en su mayor parte por hidrógeno y helio, fríos y alejados de su estrella madre; otros, más pequeños y más calientes, perdiendo el conjunto de su hidrógeno y helio a causa de una lenta fuga al espacio, formaron una clase diferente de planeta, rocoso, metálico y con superficie dura.

Estos restos cósmicos más pequeños, congelándose y calentándose, liberaron pequeñas cantidades de gases enriquecidos con hidrógeno, atrapado en sus interiores durante el proceso de formación. Algunos gases se condensaron en la superficie formando las primeras atmósferas –atmósferas diferentes a la actual de la Tierra, compuestas por metano, amoníaco, sulfuro de hidrógeno, agua e hidrógeno–, una desagradable e insoportable atmósfera para los seres humanos. Pero ésta no es todavía una historia sobre seres humanos.

La luz estelar cayó sobre esta atmósfera. El Sol impulsó y dirigió las tormentas produciéndose truenos y relámpagos. Los volcanes entraron en erupción y la lava ardiente calentó la atmósfera cerca de la superficie. Estos procesos destruyeron las moléculas de una atmósfera primitiva. Pero los fragmentos se unieron para formar

moléculas cada vez más complejas, cayendo en los primeros océanos, y allí, relacionándose unas con otras, desplomándose por casualidad sobre terrenos arcillosos, en vertiginoso proceso de rotura, de resíntesis, de transformación, moviéndose lentamente hacia moléculas de una mayor complejidad, obedeciendo a las leyes de la física y la química. Al cabo del tiempo, los océanos alcanzaron consistencia de un caldo diluido y cálido.

Entre las numerosas especies de moléculas orgánicas complejas que se formaban y disipaban en este caldo, surgió, cierto día, una molécula perfectamente capaz de formar copias de sí misma –una molécula que dirigía débilmente los procesos químicos de su vecindad para producir moléculas como ella–, una molécula patrón, una molécula heliográfica, una molécula autorreproductora. Esta molécula no era muy eficiente. Sus copias eran inexactas. Pero muy pronto obtuvo significativa ventaja sobre las otras moléculas en las tempranas aguas. Las moléculas que no podían copiarse a sí mismas no lo consiguieron. Las que podían hacerlo sí lo hicieron. El número de moléculas aumentó así considerablemente.

A medida que transcurría el tiempo, el proceso de copia se fue haciendo más exacto. Otras moléculas se reprocessaron en las aguas para formar piezas de rompecabezas que se adaptaron a las moléculas que producían copias. La pequeña ventaja, la imperceptible ventaja estadística de las moléculas que podían copiarse a sí mismas, se transformó pronto en proceso dominante en los océanos mediante el cálculo de la progresión geométrica.

Surgieron sistemas reproductores cada vez más elaborados. Los sistemas que copiaban mejor producían más copias. Los que copiaban pobremente producían menos copias. Pronto, la mayor parte de las moléculas se organizaron en estructuras moleculares, en sistemas privados. No se trataba de que algunas moléculas llegaran a tener una idea o sentir una necesidad, deseo, o aspiración; simplemente, tales moléculas que producían copias continuaron haciéndolo y muy pronto la superficie del planeta se transformó por el proceso de copia. Con el tiempo, los mares se llenaron de estas moléculas que formaban estructuras, metabolizando, multiplicándose... y repitiendo estos procesos una y otra vez. Luego surgieron sistemas más complicados, las estructuras moleculares comenzaron a actuar moviéndose hacia donde los cimientos de copia eran más abundantes, evitando a las estructuras moleculares que incorporaban a sus vecinos. La selección natural llegó a ser un tamiz molecular, eligiendo las combinaciones de moléculas mejor dotadas para una posterior multiplicación.

Mientras tanto, se establecían los cimientos, los alimentos, las piezas para copias posteriores, principalmente mediante la luz solar, los relámpagos y los truenos, todo ello guiado por la cercana estrella. Los procesos nucleares en el interior de las estrellas fueron los que dieron impulso a los procesos planetarios que condujeron a una vida sostenida.

A medida que se fueron agotando los alimentos, surgió de nuevo una nueva especie de estructura molecular capaz de producir principios moleculares internos, lejos del agua, del aire y de la luz del Sol. A los primeros animales se unieron las primeras plantas. Los animales se convirtieron en parásitos de las plantas como ya lo habían sido en un principio en el maná estelar caído de los cielos. Las plantas cambiaron lentamente la composición de la atmósfera; el hidrógeno se perdió en el espacio, el

amoníaco se transformó en nitrógeno y el metano en anhídrido carbónico. Por primera vez, se producía el oxígeno en la atmósfera en cantidades importantes, el oxígeno, un gas venenoso capaz de convertir todas las moléculas orgánicas autocopiadoras en gases simples como el agua y el anhídrido carbónico.

Pero la vida tropezó con este supremo reto. En algunos casos horadando o minando hacia medios ambientes en los cuales el oxígeno estaba ausente, pero –en las variantes de más éxito– evolucionando no sólo para que sobreviviese el oxígeno, sino también para usarlo en el más eficaz metabolismo de alimentos.

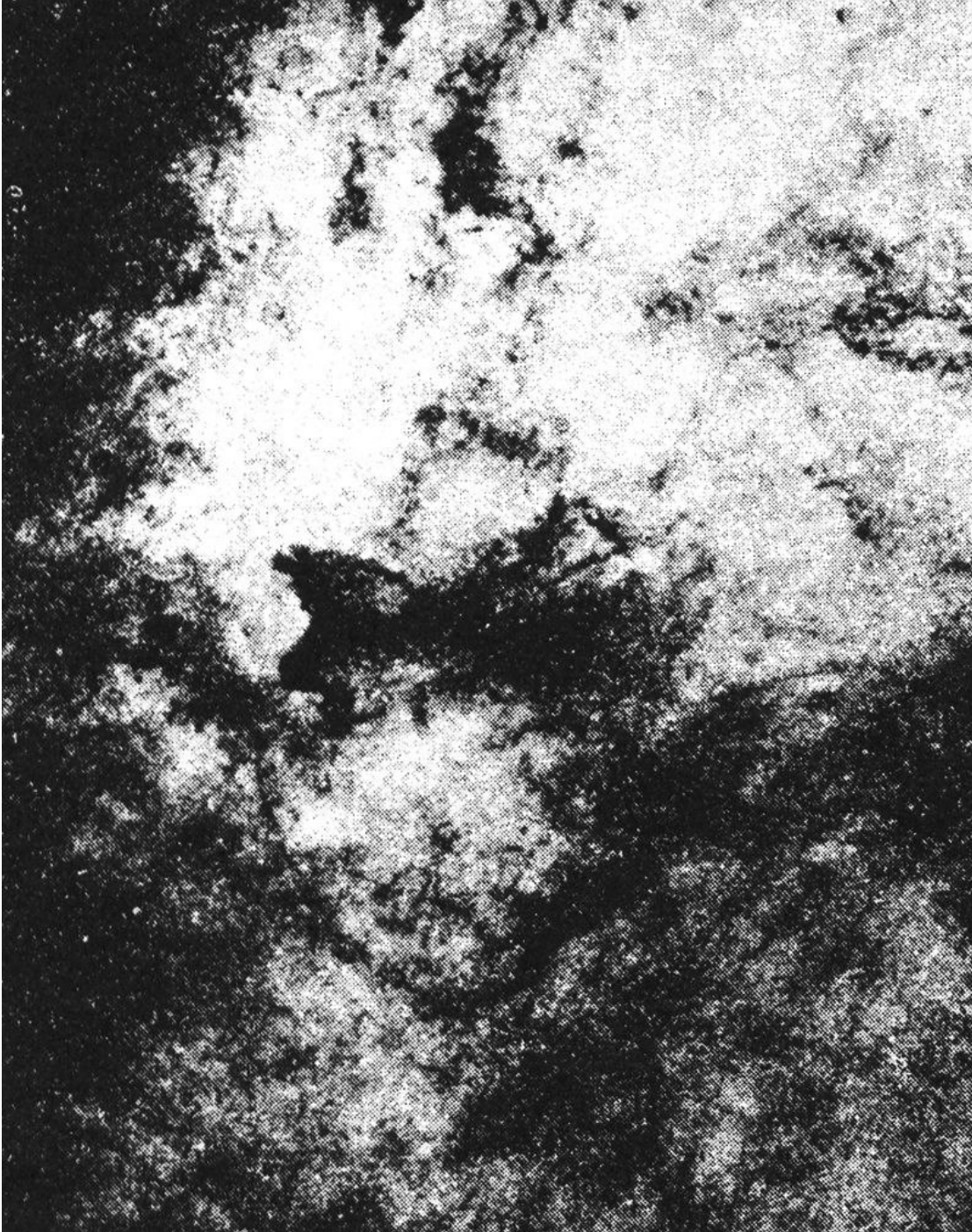
Evolucionaron el sexo y la muerte procesos que aumentaron notablemente el proceso de selección natural. Algunos organismos evolucionaron en sus partes duras, crecieron y sobrevivieron en el terreno. Se aceleró el proceso de producción de formas mucho más complejas. Evolucionó también el vuelo. Enormes bestias de cuatro patas atronaban las humeantes selvas. Surgían pequeñas bestias y sobrevivían entre astucias y rapidez de la vida en períodos que se iban acrecentando cada vez más.

Mientras tanto, el clima también variaba. Ligeros cambios en la producción de luz solar, movimiento orbital del planeta, nubes, océanos y casquetes polares, todo ello provocaba cambios climáticos aniquilando así grupos enteros de organismos y provocando la formidable proliferación de otros grupos al principio insignificantes.

Y entonces... la Tierra se enfrió un tanto. Los bosques iniciaron su retirada. Pequeños animales arborícolas descendían de los árboles para buscarse un modo de vida en las llanuras. Se irguieron y usaron herramientas. Se comunicaban produciendo en el aire ondas de comprensión con sus órganos de respiración y nutrición. Descubrieron que el material orgánico a temperatura suficientemente alta se combinaba con el oxígeno atmosférico para producir el plasma ardiente y estable llamado fuego. Mediante una interacción social, se aceleró el aprendizaje post partum. Se desarrolló la caza comunal, se inventó la escritura, las estructuras políticas, la superstición y la ciencia, la religión y la tecnología.

Y entonces, un día, llegó una criatura cuyo material genético no era muy diferente de las estructuras moleculares reproductoras de cualquier otra clase de organismos del planeta, que dicha criatura llamó Tierra. Pero era capaz de reflexionar sobre el misterio de su origen, de estudiar el extraño y tortuoso sendero por el cual había surgido desde la materia estelar. Era el material del Cosmos contemplándose a sí mismo. Consideró la enigmática y problemática cuestión de su futuro. Se llamó a sí mismo hombre. Y ansió regresar a las estrellas.

### 38. Habitantes de las estrellas - 2. Un futuro



Densas nubes estelares en dirección a la constelación de Sagitario, hacia el centro de la Galaxia. Las oscuras sendas son nubes de polvo donde se están formando moléculas orgánicas complejas. Entre estas estrellas hay algunas que nacen, y otras, que mueren. En el espacio captado por esta fotografía, probablemente hay innumerables planetas habitados, que giran alrededor de las estrellas. Cortesía de Hale Observatories.

La historia del capítulo anterior es una especie de fábula científica. Es más o menos lo que los científicos modernos creen basándose en cuantas pruebas tienen a mano. Es el esbozo de la aparición del hombre, un proceso que pasó por miles de millones de años, por la física nuclear y la gravitación, por la química orgánica y por la selección natural. El capítulo anterior nos cuenta cómo se generó el material de que estamos hechos en otro lugar y en otro tiempo, en los interiores de una moribunda estrella hace cinco mil millones de años o más.

Hay tres aspectos de la historia que considero particularmente interesantes. Primero, que el Universo se forma de tal manera como para permitir, ya que no garantizar, que sepamos cuál es el origen de la vida y el desarrollo de criaturas complejas. Es fácil imaginar leyes físicas que no permitirían se unieran adecuadas estructuras moleculares. Pero no vivimos en tales universos. Vivimos en un Universo notablemente adecuado para la vida.

Segundo, que en la fábula no hay un escalón único a nuestro Sistema Solar y a nuestro planeta. Hay 250 mil millones de soles en nuestra Vía Láctea, y miles de millones de otras galaxias en los cielos. Probablemente, la mitad de estas estrellas tienen planetas a distancias adecuadas biológicamente del sol local. Los elementos químicos iniciales para el origen de la vida son las moléculas que más abundan en el Universo. Algo similar a los procesos que en la Tierra condujeron al hombre deben haber tenido lugar miles de millones de otras veces en la historia de nuestra Galaxia. Debe haber otros habitantes.

Por supuesto, los detalles de la evolución no serían los mismos. Incluso si la Tierra se iniciase otra vez y solamente las fuerzas operasen al azar no se produciría nada parecido a un ser humano, porque los seres humanos son el producto final de una senda evolucionista exquisitamente complicada, llena de falsos comienzos, de callejones casi sin salida y de accidentes estadísticos. Pero bien podríamos esperar, ya que no seres humanos, sí organismos que funcionalmente no fuesen muy diferentes a nosotros. Puesto que hay segundas y terceras generaciones de estrellas mucho más viejas que nuestro Sol, debe haber, creo, muchos lugares en la Galaxia donde haya seres mucho más avanzados que nosotros en ciencia y tecnología, en política, ética, poesía y música.

El tercer punto es el más atractivo. Es la íntima conexión que hay o pueda haber entre las estrellas y la vida. Nuestro planeta se formó de los restos o sedimentos del material estelar. Los átomos necesarios para la vida se formaron en el interior de gigantescas estrellas rojas. Estos átomos se unieron forzosamente para formar moléculas orgánicas complejas mediante la luz ultravioleta, truenos y relámpagos, todo ello producido por la irradiación de nuestro vecino Sol. Cuando la provisión de alimento escaseó, se desarrolló la fotosíntesis de las plantas verdes, impulsada de nuevo por la luz solar, la luz solar que casi todos los organismos de la Tierra y, por supuesto, todos nosotros conocemos, y ciertamente se sigue viviendo hoy día gracias a ella. Pero éste no puede ser el final de la fábula. Nuestro Sol se está aproximando a su mediana edad. Quizás aún le queden de vida otros cinco mil millones o diez mil millones de años, de vida estelar, se entiende.

¿Y qué hay sobre la vida en la Tierra y el hombre? También, que sepamos, tienen un futuro. Y si no, hay miles de millones de otras estrellas y probablemente miles de

millones de otros planetas deshabitados en nuestra Galaxia. ¿Cuál es la acción recíproca entre las estrellas y la vida?

La muerte de las estrellas está llevando a los astrónomos a inesperados y casi irreales paisajes celestes. Uno de éstos es la explosión supernova, la angustia de muerte de una estrella ligeramente más sólida que nuestro Sol. En el breve período de unas semanas o, probablemente, de unos meses, tal explosiva estrella puede llegar a ser mucho más brillante que el resto de la galaxia en la cual reside. En una supernova, los elementos como el oro y el uranio se generan del hierro. Las supernovas son la tan buscada piedra filosofal, convirtiendo los metales básicos en preciosos.

Habiendo expulsado la mayor parte de su material estelar –destinado, parte de él, a ulteriores formaciones de nuevas estrellas, planetas y vida–, la estrella se dispone a disfrutar tranquilamente de una pacífica vejez, con sus fuegos extinguidos, como una enana blanca. Una enana blanca está constituida de materia en un estado que los físicos, sin ninguna imputación moral, llaman degenerado. Los electrones se desprenden del núcleo de átomos. Los escudos protectores de la electricidad negativa se desmontan. El núcleo puede unirse mucho más, lo que trae como consecuencia un estado de extraordinaria densidad. La materia degenerada pesa aproximadamente una tonelada por dedal. Algunas enanas blancas, consideradas adecuadamente, son grandes cristales estelares capaces de soportar el peso de las capas superpuestas de la estrella. Algunas enanas blancas son principalmente carbono. Podemos hablar de una estrella hecha de diamante.

Pero en cuanto se refiere a estrellas más sólidas, las enanas blancas –con sus brasas apagándose lentamente, reduciéndose a enanas negras– no son el estado final. La materia degenerada no puede soportar el peso de una estrella de mayor masa, y, en consecuencia, sigue otro ciclo de contracción estelar, aplastándose la materia para formar densidades cada vez más increíbles, hasta que se presenta un nuevo orden de física, hasta que una nueva fuerza surge para detener el colapso estelar. Solamente hay una fuerza conocida, con esta amplitud: es la fuerza nuclear que mantiene unido el núcleo del átomo. Esta fuerza nuclear es responsable de la estabilidad de los átomos, y, por tanto, de toda la química y biología. También es responsable de las reacciones termonucleares en el interior de las estrellas que hacen brillar a éstas y que, por ello, de forma completamente diferente, impulsa la biología planetaria

Imaginemos una estrella más o menos parecida al Sol, pero un poco más sólida, ya cerca del fin de sus días de convertir el núcleo simple en otro más complejo. Produce la última serie de reacciones nucleares complejas que es capaz de producir, y luego sufre el colapso. Cuando su tamaño se reduce, gira más y más rápidamente y tan sólo cuando su interior se hace comparable a la densidad de la materia dentro del núcleo atómico es cuando se detiene el colapso. Es una simple cuestión de física elemental calcular en que etapa se detendrá el colapso. Termina cuando la estrella tiene un par de kilómetros de diámetro y gira diez veces por segundo.

Tal objeto es una estrella de neutrones que gira rápidamente. En verdad, es un núcleo atómico gigantesco que mide dos kilómetros de diámetro. La materia de la estrella de neutrones es tan densa que una partícula suya –apenas visible– pesaría

un millón de toneladas. La Tierra no sería capaz de soportarla. Un trozo de materia de estrella neutrón, si pudiera transportarse a la Tierra sin romperse, se hundiría sin el menor esfuerzo atravesando la corteza, manto y núcleo de nuestro planeta como si fuera una hoja de afeitar que cortara mantequilla.

Tales estrellas neutrón eran productos teóricos, fruto de la imaginación de físicos especulativos, hasta que se descubrieron los pulsars. Los pulsars son fuentes de emisión de radio. Algunos de ellos están asociados con antiguas explosiones de supernovas. Nos parpadean como si el rayo de la luz de algún faro cósmico nos iluminara diez veces por segundo. Los detalles de la emisión de los pulsars se entienden mejor si son las estrellas de neutrones de la fábula. A causa de la pérdida de energía al espacio que observamos, el índice de rotación de una estrella de neutrones aislada debe declinar lentamente, aun cuando sea un cronómetro estelar de extraordinaria exactitud. La decadencia observada en los períodos pulsar es aproximadamente lo que se esperaba de la física de la estrella de neutrones.

El primer pulsar que se descubrió fue llamado por sus descubridores, un tanto burlonamente, LGM-1. Las siglas LGM corresponden a la frase «pequeños hombres verdes» [«little green men»]. ¿Era, se preguntaban, un fanal o faro de una civilización extraterrestre avanzada? Mi propio punto de vista, cuando oí hablar por vez primera de los pulsars, fue que eran perfectos fanales de navegación interestelar, la clase de señalizadores que una sociedad espacial interestelar situaría en la galaxia para orientarse en el tiempo y el espacio en sus viajes. Ahora hay muy pocas dudas de que los pulsars son estrellas de neutrones. Pero no excluiría la posibilidad de que si hay sociedades viajeras interestelares, los pulsars naturalmente formados se usan como luces de situación para la navegación y con propósitos de comunicación.

Aún no se ha entendido el estado de la materia del interior de tales estrellas de neutrones. No sabemos si una corteza de superficie conteniendo una celosía de cristal neutrón cubre un núcleo de neutrones líquidos. Si el núcleo fuera sólido, serían de esperar seísmos estelares, una desviación de la materia bajo enormes esfuerzos en el interior de la estrella. Tales seísmos producirían un cambio intermitente en el período de rotación de la estrella neutrón. Se observan tales cambios llamados centelleos.

Algunos se sintieron decepcionados al saber que los pulsars eran estrellas de neutrones y no canales de comunicación de radio interestelar. Pero los pulsars no dejan de ser interesantes. Sin duda alguna, una estrella más sólida que el Sol, que se adapta a una esfera que mide 2 km de diámetro y que gira diez veces por segundo, es, en cierto sentido, mucho más rara que una civilización mucho más avanzada que nosotros en el planeta de otra estrella.

Pero hay otra forma más profunda en la que las estrellas de neutrones y las explosiones supernova están relacionadas con la vida. En una explosión supernova, como hemos mencionado anteriormente, se expulsan enormes cantidades de átomos desde la superficie de la estrella al espacio interestelar. En el caso de las estrellas de neutrones, y a causa de su rápida rotación, hay una zona no muy lejos de su superficie que gira casi a la velocidad de la luz. Las partículas saltan desde esa zona a tan alta velocidad que ha de tenerse muy en cuenta la teoría de la relatividad para describirlas. Tanto las explosiones supernova como las estrellas de

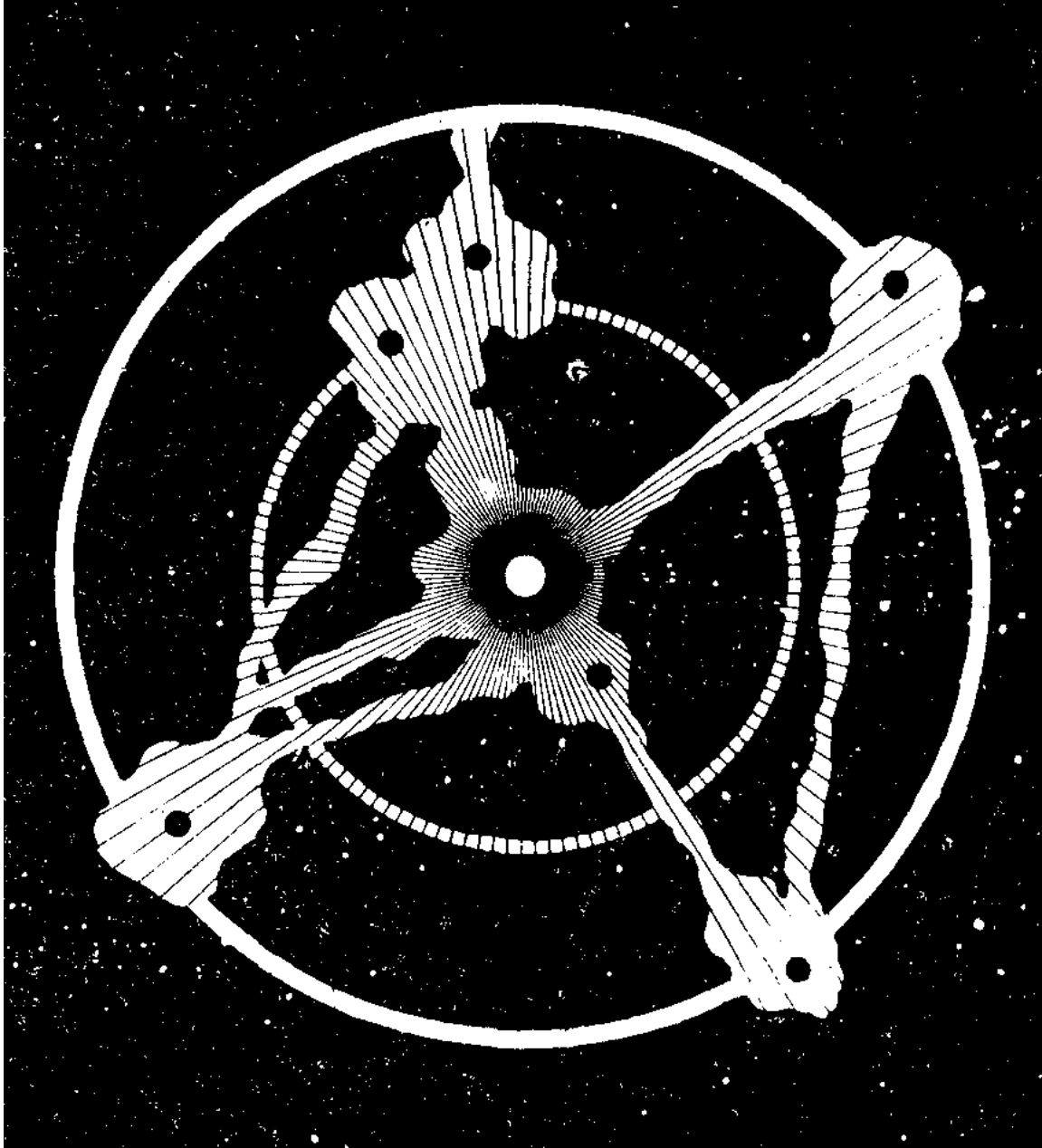
neutrones en su zona de alta velocidad deben producir rayos cósmicos, partículas cargadas muy rápidamente (en su mayor parte protones, pero conteniendo los restantes elementos también), que llenan el espacio entre las estrellas.

Los rayos cósmicos caen en la atmósfera de la Tierra. Las partículas menos energéticas son absorbidas por la atmósfera o desviadas por el campo magnético de la Tierra. Pero las partículas más energéticas, las que fueron producidas por estrellas de neutrones o supernovas, llegan a la superficie de la Tierra. Y aquí chocan con la vida. Algunos rayos cósmicos penetran a través del material genético de formas de vida en la superficie de nuestro planeta. Estos imprevisibles rayos cósmicos producen cambios, mutaciones, en el material hereditario. Las mutaciones son variaciones en lo que podríamos llamar heliografía, instrucciones hereditarias, contenidas en nuestras propias moléculas de autorreproducción o copia. Igual que si un reloj de buena calidad es golpeado con un martillo repetidas veces, el funcionamiento de la vida no mejorará probablemente bajo tales fortuitos porrazos. Pero, como ocurre algunas veces con los relojes o con los aparatos de televisión, un golpe aplicado al azar mejora su funcionamiento. Resulta perjudicial el vasto conjunto de mutaciones, pero la pequeña fracción de las mismas que son una mejora proporcionan las primeras materias para el avance de la evolución. La vida llegaría a un callejón sin salida al carecer de mutación. Así, en otra forma, la vida en la Tierra está íntimamente ligada a los acontecimientos estelares. Los seres humanos están aquí a causa de los paroxismos que se dan en las estrellas situadas a miles de años-luz de distancia.

El nacimiento de estrellas genera los semilleros planetarios de la vida. Las vidas de las estrellas proporcionan la energía de la que depende la vida. Las muertes de las estrellas producen las herramientas para el continuo desarrollo de la vida en otros lugares de la Galaxia. Si hay en los planetas de las estrellas moribundas seres inteligentes incapaces de huir de su destino, al menos podrán consolarse con el pensamiento de que la muerte de su estrella, el acontecimiento que provocará su propia muerte o extinción proporcionará, sin embargo, los medios de un progreso biológico continuado de la vida en un millón de otros mundos.



### 39. Habitantes de las estrellas - 3. Los gatos de Cheshire cósmicos



La unificación del Cosmos: hipotético sistema de tránsito rápido en los agujeros negros. Por Jon Lomberg.

La estrella de neutrones no es el habitante más raro del bestiario estelar. Una estrella que posee una masa tres veces mayor que la de nuestro Sol es demasiado grande incluso para que las fuerzas nucleares detengan su colapso. Una vez se inicia éste, no hay nada que lo detenga. La estrella se contrae hasta alrededor de 2 km y continúa contrayéndose. El campo de gravitación cercano a esta estrella

moribunda continúa aumentando. Por último, la gravedad es tan fuerte que no solamente la materia es incapaz de abandonar la estrella, sino que también queda atrapada la luz. Un fotón que viaje a la velocidad de la luz alejándose de la estrella, está obligado a seguir una trayectoria curva y caer de nuevo sobre la estrella, como sucede con la gravedad de la Tierra, que es demasiado potente para que cualquiera de nosotros pueda arrojar una piedra a velocidad de escape. Tales estrellas son demasiado sólidas incluso para que escapen los fotones. En consecuencia, son oscuras. No se pueden ver directamente porque no emanan ninguna luz. Están presentes gravitacionalmente, pero no en el aspecto óptico. Se llaman «agujeros negros». Son bestias emparentadas con la sonrisa del gato de Cheshire. Son estrellas enormes que han dejado de parpadear, pero todavía están allí.

Los agujeros negros son, básicamente, conceptos teóricos. Puede que no sean más que esto y que tampoco sean tan encantadores como los elfos de la Tierra Media. Pero probablemente están allí. De hecho, gran parte de la masa de la Galaxia puede residir, no en estrellas que no vemos ni en el gas o polvo que hay entre las estrellas, sino más bien en los agujeros negros que llenan la Galaxia como si fueran los agujeros de un queso Emmenthaler.

Puede haber sido descubierto el primer agujero negro. Cygnus X-1 es una fuente, que varía rápidamente, de rayos X, luz visible, y ondas de radio. Su emisión de rayos X fue captada por el satélite de la NASA, UHURU, lanzado desde un complejo de lanzamiento italiano cerca de la costa de Kenia. Todos los indicios señalan a Cyg X-1 como estrella binaria, dos estrellas que giran una alrededor de la otra en intrincado vals. Por el movimiento de una estrella que vemos, podemos deducir la masa de la que no vemos. Resultó ser una estrella de enorme masa, quizá diez veces la de nuestro Sol. Tal estrella normalmente debería ser muy brillante, pero no se la ve en absoluto. La estrella brillante en Cyg X-1 gira alrededor de un objeto masivo que está presente gravitacional, pero no ópticamente. Es muy probable que se trate de un agujero negro situado a una distancia de la Tierra de miles de años-luz.

Puede que tengan su utilidad los agujeros negros. Lo que hasta ahora sabemos de ellos es totalmente teórico, sin probar contra los escépticos standards de la observación. Hay algunas posibilidades raras que se han sugerido en cuanto se refiere a estos agujeros negros. Como no hay forma de salir de un agujero negro, es, en cierto sentido, un Universo aparte.

De hecho, nuestro propio Universo es muy parecido a un vasto agujero negro. Ignoramos qué es lo que hay fuera de él. Esto es verdad por definición, pero también a causa de las propiedades de los agujeros negros. Los objetos que hay en ellos no les pueden abandonar. En sentido un tanto extraño, nuestro Universo se puede llenar con objetos que no están aquí. No son universos separados. No tienen la masa del nuestro. Pero en su separación y en su aislamiento son universos autónomos.

Incluso hay una perspectiva más audaz. Desde un punto de vista especulativo (capítulo 36) un objeto que penetra en un agujero negro rotativo puede surgir en otra parte: en otro lugar, en otro tiempo. Los agujeros negros pueden ser aberturas o pasos a otras galaxias y a épocas remotas. Puede que sean atajos en el espacio y en el tiempo. Si existen tales agujeros en la tela del tiempo-espacio, por supuesto que será cierto que, por ejemplo, una nave espacial podrá usar un agujero negro

para viajar a través del espacio y del tiempo. El obstáculo más serio sería la fuerza de marea ejercida por el agujero negro durante la aproximación, una fuerza que tendería a destrozar cualquier materia. Y aun así, creo que cualquier civilización avanzada podría luchar con éxito en contra de esta terrible fuerza de un agujero negro.

¿Cuántos agujeros negros hay en el cielo? Nadie lo sabe en la actualidad, pero, de acuerdo con algunos cálculos teóricos, nos parece modesta la cantidad de un agujero negro por cada cien estrellas. Puedo imaginar, aunque sea pura especulación, una federación de sociedades en la Galaxia que haya establecido un sistema de rápido tránsito en los agujeros negros. Un vehículo se dirige rápidamente a través de una red de agujeros negros para llegar al agujero negro más cercano a su destino.

En un lugar típico de la Galaxia, cien estrellas se hallan situadas dentro de un volumen de radio de aproximadamente veinte años-luz. Si imaginamos vehículos espaciales adecuados para los viajes cortos –los trenes o lanzaderas locales– se tardaría solamente unos pocos años en ir desde el agujero negro hasta la estrella más lejana del centenar. Un año a bordo de la nave se ocuparía acelerando a aproximadamente 1 g, la aceleración que nos es familiar a causa de la gravedad de la Tierra. Al cabo de un año de 1 g, nos acercaríamos a la velocidad de la luz. Otro año se ocuparía llevando a cabo una aceleración similar a 1 g, al final del viaje. Una galaxia con tal sistema de transporte, un millón de civilizaciones separadas y grandes números de mundos con colonias, grupos de exploración y equipos de trabajo –una galaxia donde se conserve la individualidad de las culturas, pero a la vez manteniendo una común herencia galáctica; una galaxia en la cual los tiempos de los largos viajes hagan difícil el contacto trivial y la red de agujeros negros haga posible el contacto importante– ésa sería una galaxia de fantástico interés.

Imagino en dicha galaxia grandes civilizaciones que se desarrollarían cerca de los agujeros negros, con los planetas lejos de ellos, pero diseñados como mundos-granja, reservas ecológicas, lugares para ir de vacaciones o a divertirse, fabricantes de especialidades, puntos de aislamiento para poetas y músicos, y retiros para todos aquellos a quienes desagrada la vida de las grandes aglomeraciones de gente. El descubrimiento de este tipo de cultura galáctica podría tener lugar en cualquier momento; por ejemplo, mediante señales de radio enviadas a la Tierra por civilizaciones que habitan planetas de otras estrellas. O es posible que tal descubrimiento no se lleve a cabo en muchos siglos hasta que una solitaria nave espacial de la Tierra se aproxime a un agujero negro y allí descubra el usual conjunto de balizas que prohíban la llegada o el paso de naves mal preparadas y descubra también a los funcionarios de inmigración entre cuyos deberes figure explicar a los recién llegados de nuevas civilizaciones todo cuanto se refiere a convenciones y normas de transportes.

La muerte de las estrellas pesadas puede proporcionar los medios de atravesar los actuales límites o fronteras del espacio y del tiempo, haciendo que todo el Universo resulte accesible a la vida, y, en último caso, a unificar el Cosmos.

B.P.DLC.B

F.P.



SAGAN

CARL

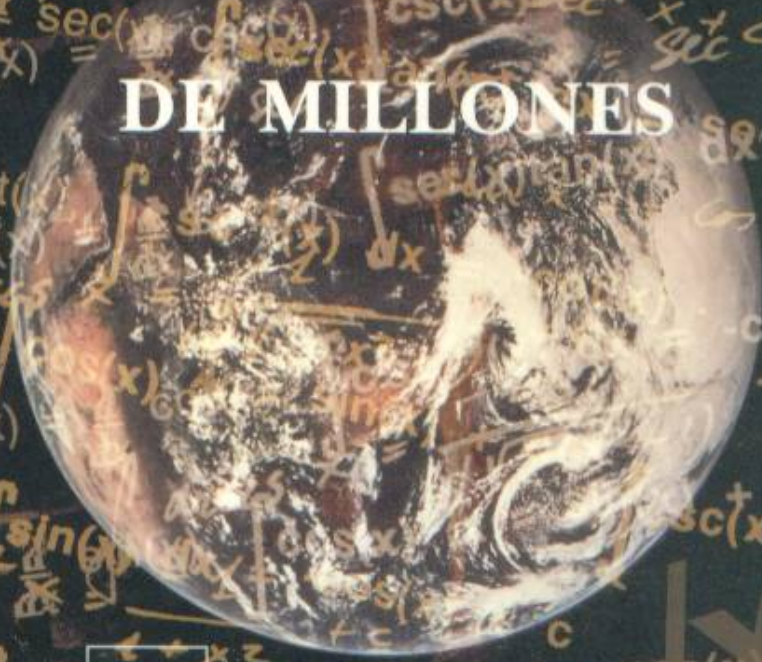
MILES

DE MILLONES

PENSAMIENTOS DE VIDA Y MUERTE

SineQua

EN LA ANTESALA DEL MILENIO



*Miles de millones*  
**Pensamientos de vida y muerte en la antesala del milenio**  
**Carl Sagan**

Título original: *Billions and Billions* Traducción: Guillermo Solana 1ª edición: marzo 1998  
© 1997 by The Estate of Carl Sagan © Ediciones B, S.A., 1998  
Bailén, 84 - 08009 Barcelona (España)  
Printed in Spain ISBN: 84-406-8009-0 Depósito legal: B. 13.511-1998  
Impreso por LIBERDÚPLEX, S.L. Constitució, 19 - 08014 Barcelona  
Edición digital: ULD

*A mi hermana, Cari, una entre seis mil millones*

## Índice

Miles de millones.....	2
primera parte LA FUERZA Y LA BELLEZA DE LA CUANTIFICACIÓN.....	5
1. MILES Y MILES DE MILLONES.....	6
2. EL AJEDREZ PERSA.....	10
3. LOS CAZADORES DE LA NOCHE DEL LUNES.....	16
4. LA MIRADA DE DIOS , Y EL GRIFO QUE GOTEA.....	22
5. CUATRO PREGUNTAS CÓSMICAS.....	29
6. TANTOS SOLES, TANTOS MUNDOS.....	33
segunda parte ¿QUÉ CONSERVAN LOS CONSERVADORES?.....	37
7. EL MUNDO QUE LLEGÓ POR CORREO.....	38
8. EL MEDIO AMBIENTE: ¿DÓNDE RADICA LA PRUDENCIA?.....	41
9. CRESO Y CASANDRA.....	46
10. FALTA UN PEDAZO DEL CIELO.....	49
11. EMBOSCADA: EL CALENTAMIENTO DEL MUNDO.....	57
12. HUIR DE LA EMBOSCADA.....	67
13. RELIGIÓN Y CIENCIA: UNA ALIANZA.....	76
tercera parte ALLÍ DONDE CHOCAN CORAZONES Y MENTES.....	82
14. EL ENEMIGO COMÚN.....	83
15. ABORTO: ¿ES POSIBLE TOMAR AL MISMO TIEMPO PARTIDO POR «LA VIDA» Y «LA ELECCIÓN»?.....	91
16. LAS REGLAS DEL JUEGO.....	99
17. GETTYSBURG Y AHORA.....	106
18. EL SIGLO XX.....	113
19. EN EL VALLE DE LAS SOMBRAS.....	118
EPÍLOGO.....	123
Agradecimientos.....	127
Referencias.....	128



primera parte LA FUERZA Y LA BELLEZA DE LA CUANTIFICACIÓN

## 1. MILES Y MILES DE MILLONES

Hay quienes... creen que el número de [granos] de arena es infinito... Otros, aun sin considerarlo infinito, piensan que todavía no se ha mencionado un número lo bastante grande [...]. Pero voy a tratar de mostrarte [números que] superen no sólo el de una masa de arena equivalente a la Tierra [...] sino el de una masa igual en magnitud al Universo.

Arquímedes (h. 287-212 a. de C), *El arenario*

Jamás lo he dicho. De verdad. Bueno, una vez afirmé que quizás haya 100.000 millones de galaxias y 10.000 trillones de estrellas. Resulta difícil hablar sobre el cosmos sin emplear números grandes.

Es cierto que pronuncié muchas veces la frase «miles de millones» en la popularísima serie televisiva *Cosmos*, pero jamás dije «miles y miles de millones»; por una razón: resulta harto impreciso. ¿Cuántos millares de millones son «miles y miles de millones»? ¿Unos pocos? ¿Veinte? ¿Cien? «Miles y miles de millones» es una expresión muy vaga. Cuando adapté y actualicé la serie me entretuve en comprobarlo, y tengo la certeza de que nunca he dicho tal cosa.

Quien sí lo dijo fue Johnny Carson, en cuyo programa he aparecido cerca de treinta veces en todos estos años. Se disfrazaba con una chaqueta de pana, un jersey de cuello alto y un remedo de fregona a modo de peluca. Había creado una tosca imitación de mi persona, una especie de Doppelgänger<sup>1</sup> que hablaba de «miles y miles de millones» en la televisión a altas horas de la noche.

La verdad es que me molestaba un poco que una mala reproducción de mí mismo fuese por ahí, diciendo cosas que a la mañana siguiente me atribuirían amigos y compañeros (pese al disfraz, Carson —un competente astrónomo aficionado— a menudo hacía que mi imitación hablase en términos verdaderamente científicos).

Por sorprendente que parezca, lo de «miles y miles de millones» cuajó. A la gente le gustó cómo sonaba. Aun ahora me paran en la calle, cuando viajo en un avión o en una fiesta y me preguntan, no sin cierta timidez, si no me importaría repetir la dichosa frase.

—Pues mire, la verdad es que nunca dije tal cosa —respondo.

—No importa —insisten—. Dígalo de todas maneras.

Me han contado que Sherlock Holmes jamás contestó: «Elemental, mi querido Watson» (al menos en las obras de Arthur Conan Doyle), que James Cagney nunca exclamó: «Tú, sucia rata», y que Humphrey Bogart no dijo: «Tócala otra vez, Sam»; pero poco importa, porque estos apócrifos han arraigado firmemente en la cultura popular.

Todavía se pone en mi boca esta expresión tontorróna en las revistas de informática («Como diría Carl Sagan, hacen falta miles y miles de millones de bits»), en la sección de economía de los periódicos, cuando se habla de lo que ganan los deportistas profesionales y cosas por el estilo.

Durante un tiempo tuve una reticencia pueril a pronunciar o escribir esa expresión por mucho que me lo pidieran, pero ya la he superado, así que, para que conste, ahí va:

«Miles y miles de millones.»

---

<sup>1</sup> En el antiguo folclore germano, el doble fantasmal de alguien. Cuando se encontraban la persona original y su contrafigura, era signo seguro de la muerte inminente de la primera. (*N. del T.*)

¿Por qué resulta tan pegadizo eso de «miles y miles de millones»? Antes, la expresión más corriente para referirse a un número grande era «millones»: los enormemente ricos eran millonarios; la población de la Tierra en tiempos de Jesús sumaba quizás unos 250 millones de personas; había casi cuatro millones de estadounidenses en la época de la Convención Constitucional de 1787 —al comenzar la Segunda Guerra Mundial eran 132 millones—; hay 150 millones de kilómetros de la Tierra al Sol; unos 40 millones de personas hallaron la muerte en la Primera Guerra Mundial y 60 millones en la Segunda; un año tiene 31,7 millones de segundos (como puede comprobarse fácilmente); y a finales de la década de los ochenta los arsenales nucleares globales contenían un poder explosivo suficiente para destruir un millón de ciudades como Hiroshima. A casi todos los efectos, y durante largo tiempo, «millón» fue la quintaesencia de un número grande.

No obstante, los tiempos han cambiado. Ahora hay muchas fortunas que ascienden a miles de millones, y no sólo por culpa "de la inflación; está bien determinado que la edad de la Tierra es de 4.600 millones de años; la población humana se acerca a los 6.000 millones; cada cumpleaños representa otros mil millones de kilómetros alrededor del Sol (en torno al cual la Tierra viaja a una velocidad muy superior a la de la sonda *Voyager* alejándose de nuestro planeta).

Asimismo cuatro bombarderos B-2 cuestan mil millones de dólares (algunos dicen que dos mil o incluso cuatro mil millones); el presupuesto de defensa de Estados Unidos, teniendo en cuenta los fondos reservados, supera los 300.000 millones de dólares al año; se ha estimado en cerca de mil millones el número de muertos a corto plazo en una guerra nuclear a gran escala entre Estados Unidos y Rusia; unos pocos centímetros representan mil millones de átomos hombro con hombro; y ahí están todos esos miles y miles de millones de estrellas y galaxias.

Un viejo chiste cuenta el caso de un conferenciante que, en un planetario, explica a sus oyentes que al cabo de 5.000 millones de años el Sol se hinchará hasta convertirse en una gigante roja, engullendo planetas como Mercurio y Venus, y finalmente quizá también la Tierra. Tras la charla, un oyente inquieto le aborda:

—Perdóneme, doctor. ¿Dijo usted que el Sol abrasará la Tierra dentro de cinco mil millones de años?

—Sí, más o menos.

—Gracias a Dios. Por un momento creí que había dicho cinco millones.

Por interesante que pueda resultar para el destino de la Tierra, poco importa para nuestra vida personal el que vaya a durar cinco millones o 5.000 millones. La distinción, sin embargo, es mucho más vital en cuestiones tales como los presupuestos públicos, la población mundial o las bajas en una guerra nuclear.

Aunque la popularidad de la expresión «miles y miles de millones» no se ha extinguido por completo, esos números parecen haberse empequeñecido, y comienzan a estar obsoletos. Ahora se vislumbra en el horizonte, o quizá no tan lejos, un número más a la moda: el billón se cierne sobre nosotros.

Los gastos militares mundiales ascienden ya a casi un billón de dólares al año; la deuda total de todos los países en vías de desarrollo se acerca a los dos billones de dólares (era de 60.000 millones en 1970); el presupuesto anual del Gobierno de Estados Unidos ronda también los dos billones de dólares. La deuda nacional gira en torno a los cinco billones; el coste estimado del proyecto, técnicamente dudoso, de la Guerra de las Galaxias en la era Reagan oscilaba entre uno y dos billones de dólares; y todas las plantas de la Tierra pesan un billón de toneladas. Estrellas y billones poseen una afinidad natural: la distancia desde nuestro sistema solar a la estrella más cercana, Alfa Centauri, es de unos 40 billones de kilómetros.

El desconcierto entre millones, billones y trillones sigue siendo endémico en la vida cotidiana; es rara la semana en que no se comete una equivocación en las noticias de la televisión (por lo general entre millones y billones). Así que tal vez sea preciso que dedique un momento a establecer algunas distinciones. Un millón es un millar de millares, o un uno seguido de seis ceros; un billón es un millón de millones, o un uno seguido de 12 ceros, y un trillón, un millón de billones, o un uno seguido de 18 ceros.

En Europa, el número «mil millones» recibe otras denominaciones, como *milliard*, millardo, etc. Coleccionista de sellos desde la niñez, poseo uno sin matar, emitido en el momento álgido de la inflación alemana de 1923, cuyo valor era de «50 *milliarden*». Hacían falta 50.000 millones de marcos para franquear una carta (en aquel tiempo se necesitaba una carretilla cargada de billetes para ir a la panadería o a la tienda de comestibles).

Una manera segura de saber de qué número estamos hablando consiste sencillamente en contar cuántos ceros siguen al uno. Sin embargo, cuando los ceros son muchos la tarea puede resultar un tanto tediosa, por eso los agrupamos en tríadas separadas por puntos. Así, un trillón es 1.000.000.000.000.000. Para números mayores que éste, basta con contar tríadas de ceros. Pero todo sería mucho más fácil si, al denotar un número grande, indicásemos directamente cuántos ceros hay después del uno.

Esto es lo que han hecho los científicos y los matemáticos, que son personas prácticas. Es lo que se llama «notación exponencial». Uno escribe el número 10 y luego, a la derecha y arriba, un número pequeño que indica cuántos ceros hay después del uno. Así,  $10^6 = 1.000.000$ ,  $10^9 = 1.000.000.000$ ,  $10^{12} = 1.000.000.000.000$ , etc. Esos superíndices reciben el nombre de exponentes o potencias; por

#### NÚMEROS GRANDES

Nombre	Numero	Notación científica	Tiempo que llevaría contar desde cero hasta el número (a razón de una cifra por segundo, día y noche)
Uno	1	$10^0$	1 segundo
Mil	1.000	$10^3$	17 minutos
Millón	1.000.000	$10^6$	12 días
Mil millones	1.000.000.000	$10^9$	32 años
Billón	1.000.000.000.000	$10^{12}$	32.000 años (tiempo superior al de la existencia de civilización en la Tierra)
Mil billones	1.000.000.000.000.000	$10^{15}$	32 millones de años (tiempo superior al de la presencia de seres humanos en la Tierra)
Trillón	1.000.000.000.000.000.000	$10^{18}$	32.000 millones de años (más que la edad del Universo)

Los números mayores reciben los nombres de cuatrillón ( $10^{24}$ ), quintillón ( $10^{30}$ ), sextillón ( $10^{36}$ ), septillón ( $10^{42}$ ), octillón ( $10^{48}$ ), nonillón ( $10^{54}$ ) y decillón ( $10^{60}$ ). La Tierra tiene una masa de 6.000 cuatrillones de gramos.

Cabe también describir con palabras esta notación científica o exponencial. Así, un electrón tiene un grosor de un femtómetro ( $10^{-15}$  m); la luz amarilla posee una longitud de onda de medio micrómetro (0,5 mm); el ojo humano apenas puede ver un bichito de una décima de milímetro ( $10^{-4}$  m); la Tierra tiene un radio de 6.300 Km (6,3 Mm) y una montaña puede pesar 100 petagramos ( $100 \text{ Pg} = 10^{17}$  g). He aquí una lista completa de los prefijos:

atto-	a	$10^{-18}$	deca-	-	$10^1$
femto-	f	$10^{-15}$	hecto-	-	$10^2$
pico-	p	$10^{12}$	kilo-	k	$10^3$
nano-	n	$10^{-9}$	mega-	M	$10^6$
micro-	$\eta$	$10^{-6}$	giga-	G	$10^9$

mili-	m	$10^{-3}$	tera-	T	$10^{12}$
centi-	c	$10^{-2}$	peta-	P	$10^{15}$
deci-	d	$10^{-1}$	exa-	E	$10^{18}$

ejemplo,  $10^9$  es «10 elevado a 9» (a excepción de  $10^2$  y  $10^3$  que reciben respectivamente los nombres de «10 al cuadrado» y «10 al cubo»). La expresión «elevado a», al igual que «parámetro» y otros términos científicos, está introduciéndose en el lenguaje cotidiano, pero al hacerlo su significado se va enturbiando y tergiversando.

Además de su claridad, la notación exponencial posee otro aspecto maravillosamente beneficioso: permite multiplicar dos números cualesquiera sumando los exponentes adecuados. Así,  $1.000 \times 1.000.000.000$  es  $10^3 \times 10^9 = 10^{12}$ . Incluso se pueden multiplicar números mayores: si en una galaxia típica hay  $10^{11}$  estrellas y en el cosmos hay  $10^{11}$  galaxias, entonces hay  $10^{22}$  estrellas en el cosmos.

Todavía existe, sin embargo, cierta resistencia a la notación exponencial entre aquellos a quienes las matemáticas les dan grima (aunque simplifica y no complica las cosas) y entre algunos tipógrafos que parecen sentir la necesidad irrefrenable de escribir 109 en vez de  $10^9$  (no es éste el caso, como puede verse).

En el cuadro de la página 17 figuran los primeros números grandes que tienen nombre propio. Cada uno es mil veces mayor que el precedente. Por encima del trillón casi nunca se emplean los nombres. Contando día y noche un número cada segundo, necesitaríamos más de una semana para pasar de uno a un millón. Contar mil millones nos llevaría media vida. No podríamos llegar a un trillón aun cuando dispusiéramos de toda la edad del universo.

Una vez dominada la notación exponencial, podemos operar fácilmente con cifras inmensas, como el número aproximado de microbios en una cucharadita de tierra ( $10^8$ ), el de granos de arena en todas las playas (quizá  $10^{20}$ ), el de seres vivos en la Tierra ( $10^{29}$ ), el de átomos en toda la biosfera ( $10^{41}$ ), el de núcleos atómicos en el Sol ( $10^{57}$ ), o el de partículas elementales (electrones, protones, neutrones) en todo el cosmos ( $10^{80}$ ). Esto no significa que uno sea capaz de «figurarse» un billón o un trillón de objetos; de hecho, nadie podría, pero la notación exponencial permite «pensar» y calcular con tales números. Lo cual no está nada mal para unos seres autodidactas que se bastaban con los dedos de las manos y los pies para contar a sus semejantes.

Los números grandes son, desde luego, una parte esencial de la ciencia moderna; pero no quisiera dar la impresión de que fueron inventados en nuestra época.

La aritmética india está familiarizada desde hace mucho tiempo con los números grandes. En los periódicos indios es fácil encontrar referencias a multas o gastos de un *laj* o un *crore* de rupias. La clave es ésta: *das* = 10; *san* = 100; *bazar* = 1.000; *laj* =  $10^5$ ; *crore* =  $10^7$ ; *arahb* =  $10^9$ ; *carahb* =  $10^{11}$ ; *nie* =  $10^{13}$ ; *padham* =  $10^{15}$ ; *sanj* =  $10^{17}$ . Antes de que su cultura fuese aniquilada por los europeos, los mayas del antiguo México concibieron una escala cronológica que superaba con creces los escasos miles de años transcurridos desde la creación del mundo según la creencia europea. Entre las ruinas de Coba, en Quintana Roo, hay inscripciones que muestran que los mayas concebían un universo con una antigüedad del orden de  $10^{29}$  años. Los hindúes sostenían que la encarnación presente del universo tenía  $8,6 \times 10^9$  años (muy cerca de la diana). Y en el siglo III a. de C. el matemático siciliano Arquímedes, en su libro *El arenario*, estimó que harían falta  $10^{63}$  granos de arena para llenar el cosmos. Incluso entonces, en las cuestiones realmente grandes, miles y miles de millones no pasaban de ser calderilla.

## 2. EL AJEDREZ PERSA

No puede existir un lenguaje más universal y simple, más carente de errores y oscuridades, y por lo tanto más apto para expresar las relaciones invariables de las cosas naturales [...]. [Las matemáticas] parecen constituir una facultad de la mente humana destinada a compensar la brevedad de la vida y la imperfección de los sentidos.

JOSEPH FOURIER,

*Théorie analytique de la chaleur.*

Discurso preliminar (1822)

La primera vez que escuché este relato, la acción transcurría en la antigua Persia. Pero pudo haber sido en la India o incluso en China. En cualquier caso, sucedió hace mucho tiempo.

El gran visir, el primer consejero del rey, había inventado un nuevo juego. Se jugaba con piezas móviles sobre un tablero cuadrado formado por 64 escaques rojos y negros. La pieza más importante era el rey. La seguía en valor el gran visir (tal como cabía esperar de un juego inventado por un gran visir). El objeto del juego era capturar el rey enemigo y, a consecuencia, recibió en lengua persa el nombre de *shah-mat* (*shah* por «rey», *mat* por «muerto»). Muerte al rey. En Rusia, quizá como vestigio de un sentimiento revolucionario, sigue llamándose *shajmat*. Incluso en inglés hay un eco de esta designación: el movimiento final recibe el nombre de *checkmate*\*. El juego es, por descontado, el ajedrez. Con el paso del tiempo evolucionaron las piezas, los movimientos y las reglas. Ya no existe, por ejemplo, el gran visir; se ha transfigurado en una reina de poderes formidables.

Por qué deleitó tanto a un rey la invención de un juego llamado «muerte al rey» es un misterio, pero, según la historia, se sintió tan complacido que pidió al gran visir que determinara su recompensa por tan maravillosa invención. Éste ya tenía la respuesta preparada; era un hombre modesto, explicó al shah, y sólo deseaba una modesta gratificación. Señalando las ocho columnas y las ocho filas de escaques del tablero que había inventado, solicitó que le entregase un solo grano de trigo por el primer escaque, dos por el segundo, el doble de eso por el tercero y así sucesivamente hasta que cada escaque recibiese su porción de trigo. No, replicó el rey, era un premio hartamente mezquino para una invención tan importante. Le ofreció joyas, bailarinas, palacios. Pero el gran visir, bajando la mirada, lo rechazó todo. Sólo le interesaban aquellos montoncitos de trigo. Así que, maravillado en secreto ante la humildad y la moderación de su consejero, el rey accedió.

Sin embargo, cuando el senescal empezó a contar los granos, el monarca se encontró con una desagradable sorpresa. Al principio el número de granos de trigo era bastante pequeño: 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1.024..., pero en las cercanías del escaque sexagésimo cuarto las cifras se tornaban colosales, amedrentadoras (véase recuadro de la página 31). De hecho, el número final rondaba los 18,5 trillones de granos. Tal vez el gran visir se había sometido a una dieta rica en fibra.

¿Cuánto pesan 18,5 trillones de granos de trigo? Si cada grano mide un milímetro, entonces todos juntos pesarían unos 75.000 millones de toneladas métricas, mucho más de lo que podían contener los graneros del shah. De hecho, es el equivalente de la producción actual de trigo en todo el mundo multiplicada por 150. No nos ha llegado el relato de lo que pasó inmediatamente después. Ignoramos si el rey, maldiciéndose a sí mismo por haber desatendido el estudio de la aritmética, entregó el reino al visir o si éste experimentó las tribulaciones de un nuevo juego llamado *visirmat*.

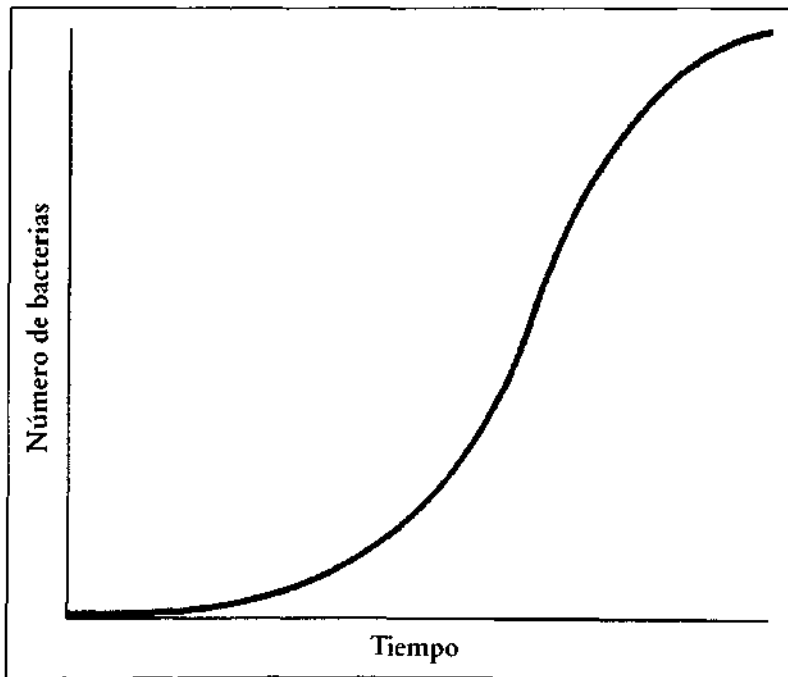
La historia del ajedrez persa quizá no sea más que una fábula, pero los antiguos persas e indios eran brillantes exploradores en el terreno de las matemáticas y sabían qué números tan enormes se alcanzan al multiplicar repetidamente por dos. Si el ajedrez hubiera sido inventado con 100 (10 X 10) escaques en vez de 64 (8 X 8), la deuda en granos de trigo habría pesado tanto como la Tierra. Una sucesión de números como ésta, en la que cada uno es un múltiplo fijo del anterior, recibe el nombre de progresión geométrica, y el proceso se denomina crecimiento

---

\* Naturalmente, ese eco existe también en el término castellano de «jaque mate». (N. del T.)

exponencial. Los crecimientos exponenciales aparecen en toda clase de ámbitos importantes, familiares o no. Un ejemplo es el interés compuesto. Si, pongamos por caso, un antepasado nuestro ingresó en el banco 10 dólares hace 200 años (poco después de la Revolución de Estados Unidos) a un interés anual constante del 5 %, ahora nuestra fortuna ascendería a  $10 \times (1,05)^{200}$ , es decir, 172.925,81 dólares. Pero pocos son los antepasados que se interesen por la fortuna de sus remotos descendientes, y 10 dólares eran bastante dinero en aquellos días ( $(1,05)^{200}$  significa simplemente 1,05 por sí mismo 200 veces). Si ese antepasado nuestro hubiera conseguido un interés del 6 %, ahora tendríamos más de un millón de dólares; al 7 % la cifra superaría los 7,5 millones, y a un exorbitante 10 % tendríamos la espléndida suma de 1.900 millones de dólares.

Otro tanto sucede con la inflación. Si la tasa de inflación es del 5 % anual, un dólar valdrá 0,95 dólares al cabo de un año,  $(0,95)^2 = 0,91$  al cabo de dos; 0,61 al cabo de 10; 0,37 dólares al cabo de 20, etc. Se trata de una cuestión de gran importancia práctica para aquellos jubilados cuya pensión no aumenta de acuerdo con la inflación.



El ámbito más corriente donde se producen duplicaciones repetidas y, por tanto, un crecimiento exponencial, es el de la reproducción biológica. Consideremos primero el caso simple de una bacteria que se reproduce por bipartición. Al cabo de un tiempo se dividen también cada una de las dos bacterias hijas. Mientras haya alimento suficiente en el ambiente y no exista veneno alguno, la colonia bacteriana crecerá de modo exponencial. En condiciones muy favorables la población de bacterias puede llegar a doblarse cada 15 minutos. Esto significa cuatro duplicaciones por hora y 96 diarias. Aunque una bacteria sólo pesa alrededor de una billonésima de gramo, tras un día de desenfreno asexual sus descendientes pesarán en conjunto tanto como una montaña; en poco más de día y medio pesarán tanto como la Tierra, en dos días más que el Sol... Y en no demasiado tiempo todo el universo estará constituido por bacterias. No es una perspectiva muy agradable, pero por fortuna nunca sucede. ¿Por qué? La razón es que un crecimiento exponencial de este tipo siempre tropieza con algún obstáculo natural. Los bichos se quedan sin comida, o se envenenan mutuamente, o les da vergüenza reproducirse cuando no disponen de intimidad para hacerlo. Los crecimientos exponenciales no pueden continuar indefinidamente porque se lo zamparían todo. Mucho antes que eso encuentran algún impedimento. El resultado es que la curva exponencial se allana (véase ilustración en la página anterior.)

Este hecho es muy importante para la epidemia del SIDA. Ahora mismo, en muchos países, el número de personas con síntomas de sida crece de manera exponencial, doblándose en

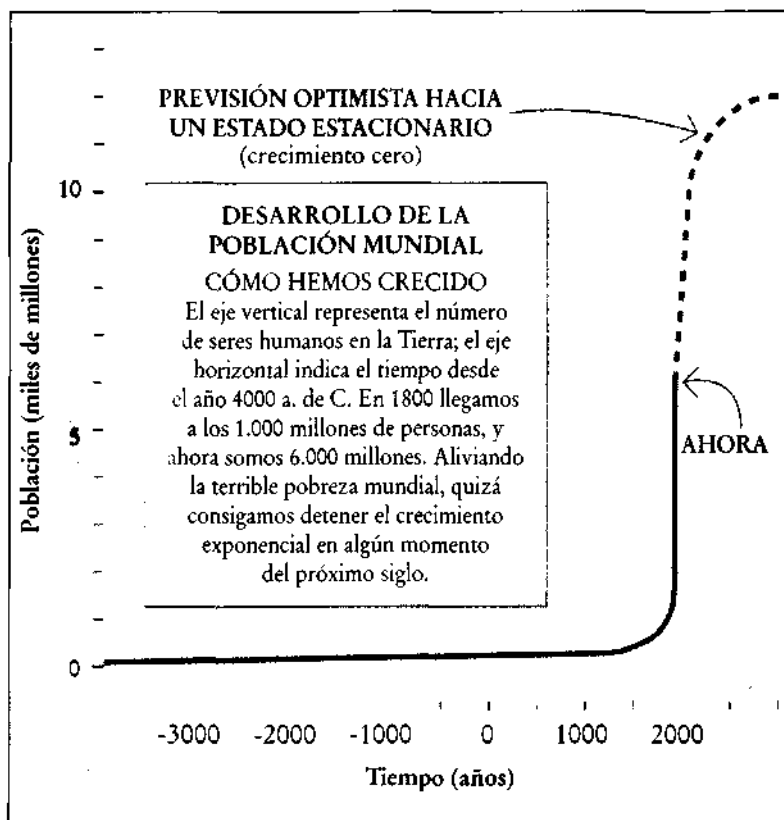
aproximadamente un año. Es decir, cada año el número de casos de sida se duplica con respecto al del año anterior. El sida ya ha adquirido proporciones catastróficas. Si continuara creciendo exponencialmente constituiría un desastre sin precedentes. Dentro de 10 años habría mil veces más casos de sida, y en 20 años un millón de veces más. Pero un millón de veces el número de personas que ya han contraído el sida es mucho más que el número de los habitantes de la Tierra. De no existir impedimentos naturales a la continuada duplicación anual de la enfermedad, y si ésta fuese invariablemente fatal (esto es, si no se hallase un modo de curarla), todo el mundo moriría de sida, y pronto.

Ahora bien, algunas personas parecen tener una inmunidad natural a este mal. Además, según el Centro de Enfermedades Transmisibles del Servicio de Sanidad Pública de Estados Unidos, al principio el crecimiento de la enfermedad en este país estuvo limitado casi exclusivamente a grupos vulnerables, en buena parte sexualmente aislados del resto de la población (sobre todo varones homosexuales, hemofílicos y consumidores de drogas por vía parenteral). Si no se encuentra un remedio para el sida, morirá la mayoría de quienes comparten jeringuillas hipodérmicas para el empleo de drogas por vía parenteral; no todos, porque existe un pequeño porcentaje de personas que tiene una resistencia natural, pero sí la mayoría. Cabe decir lo mismo respecto de los varones homosexuales promiscuos que no toman precauciones; no es éste, sin embargo, el caso de quienes utilizan convenientemente el preservativo, de quienes mantienen relaciones monógamas a largo plazo y, una vez más, de la fracción pequeña de los que son inmunes por naturaleza. Las parejas estrictamente heterosexuales que mantienen una relación monógama que se remonta a principios de la década de los ochenta, aquellos que toman las debidas precauciones en la práctica del sexo y quienes no comparten jeringuillas —y son muchos— están, por así decirlo, resguardados del SIDA. Una vez que se hayan allanado las curvas de los grupos demográficos de mayor riesgo, otros ocuparán su lugar (ahora, en Estados Unidos la enfermedad parece estar creciendo entre los jóvenes heterosexuales de uno y otro sexo, en quienes la pasión se impone a menudo a la prudencia). Muchos morirán, otros tendrán suerte o poseerán inmunidad natural, algunos se abstendrán, y su grupo será reemplazado por otro de mayor riesgo, tal vez la próxima generación de varones homosexuales. Cabe esperar que con el tiempo se allane la curva exponencial, pues ello significaría que la población de la Tierra no está condenada a morir por esta causa (escaso consuelo para las numerosas víctimas y sus allegados).

El crecimiento exponencial constituye también la idea crucial que subyace tras la crisis demográfica mundial. Durante la mayor parte del tiempo en que la Tierra ha estado habitada por seres humanos, su población ha sido estable, con nacimientos y muertes casi perfectamente equilibrados. Tal situación recibe el nombre de «estado estacionario». Tras la invención de la agricultura —incluyendo la siembra y la recolección de aquel trigo cuyos granos ambicionaba el gran visir— la población humana comenzó a crecer, entrando en una fase exponencial, lo que es muy diferente de un estado estacionario. Ahora mismo, la población mundial tarda unos cuarenta años en duplicarse. Al cabo de ese periodo seremos el doble de gente. Como señaló en 1798 el clérigo inglés Thomas Malthus, cualquier incremento concebible en la producción de alimentos será inútil si la población a la que están destinados crece exponencialmente —Malthus habló de progresión geométrica—. Contra el desarrollo demográfico exponencial no podrá ninguna revolución verde, ni la agricultura hidropónica ni el cultivo de los desiertos.

Tampoco existe solución extraterrestre a ese problema. En la actualidad, hay cada día 240.000 nacimientos más que defunciones. Estamos muy lejos de poder enviar al espacio 240.000 personas cada veinticuatro horas. Ningún asentamiento en órbita terrestre, en la Luna o en otros planetas lograría hacer mella de manera perceptible en la explosión demográfica. Aunque fuese posible enviar a todos los habitantes de la Tierra a planetas de estrellas lejanas en naves que viajasen más rápido que la luz, poco cambiaría. Todos los





planetas habitables de la Vía Láctea quedarían colmados en cerca de un milenio. A menos que reduzcamos nuestra tasa de reproducción. Nunca hay que subestimar un crecimiento exponencial.

En el gráfico de arriba se muestra el crecimiento de la población de la Tierra a lo largo del tiempo. Nos hallamos claramente en una fase de abrupto crecimiento exponencial (o estamos a punto de salir de ella). Ahora bien, muchos países (Estados Unidos, Rusia y China, por ejemplo) han llegado o están llegando a un punto en que su población dejará de crecer y se aproximará a un estado estacionario. Es lo que se conoce como «crecimiento cero». Incluso así, dado el enorme poder de los crecimientos exponenciales, basta con que una pequeña fracción de la comunidad humana siga reproduciéndose exponencialmente para que la situación sea esencialmente la misma: la población del mundo crecerá de modo exponencial, aunque muchas naciones estén en una situación de crecimiento cero.

Existe una correlación global bien documentada entre la pobreza y las tasas de natalidad elevadas. En países grandes y pequeños, capitalistas y comunistas, católicos y musulmanes, occidentales y orientales, el crecimiento demográfico exponencial se reduce o se detiene en casi todos los casos cuando desaparece la pobreza extrema. De manera cada vez más apremiante, a nuestra especie le conviene que cada lugar del planeta alcance a largo plazo esta transición demográfica. Por esta razón, el contribuir a que otros países consigan hacerse autosuficientes no es sólo un acto elemental de decencia humana, sino que también redundará en beneficio de las naciones más ricas en disposición de prestar ayuda. Una de las cuestiones cruciales en la crisis demográfica mundial es la pobreza.

Resultan interesantes las excepciones a esta transición demográfica. Algunas naciones con elevadas rentas per cápita todavía tienen tasas de natalidad altas. Pero se trata de países donde apenas son accesibles los anticonceptivos y/ o las mujeres carecen de todo poder político efectivo. No es difícil establecer la conexión.

En la actualidad la población mundial asciende a unos 6.000 millones de seres humanos. Si el periodo de duplicación se mantiene constante, dentro de 40 años habrá 12.000 millones; dentro

de 80, 24.000 millones; al cabo de 120 años, 48.000 millones... Sin embargo, pocos creen que la Tierra pueda dar cabida a tanta gente. Habida cuenta del poder de este incremento exponencial, abordar ahora el problema de la pobreza global parece más barato y mucho más humano que cualquier solución que podamos adoptar dentro de muchas décadas. Nuestra tarea consiste en lograr una transición demográfica mundial y allanar esa curva exponencial (mediante la eliminación de la pobreza extrema, el logro de métodos anticonceptivos seguros, eficaces y accesibles a todos y la extensión del poder político real de las mujeres en los ámbitos ejecutivo, legislativo, judicial, militar y en las instituciones que influyen en la opinión pública). Si fracasamos, el trabajo lo harán otros procesos que escapan a nuestro control.

A propósito...

La fisión nuclear fue concebida por vez primera en septiembre de 1933 por un físico húngaro emigrado a Londres llamado Leo Szilard. Tras preguntarse si el hombre sería capaz de desencadenar las vastas energías encerradas en el núcleo del átomo, Szilard pensó en lo que sucedería si se lanzara un neutrón contra un núcleo atómico (al carecer de carga eléctrica, un neutrón no sería repelido por los protones del núcleo y chocaría directamente contra éste). Mientras aguardaba a que cambiase un semáforo en un cruce de Southhampton Row, se le ocurrió que quizás existiera alguna sustancia, algún elemento químico, que escupiese dos neutrones cuando sufriera el impacto de uno. Cada uno de esos neutrones podría liberar más neutrones, y de repente Szilard tuvo la visión de una reacción nuclear en cadena, capaz de producir incrementos exponenciales de neutrones y de destrozarse átomos a diestro y siniestro. Aquella tarde, en su pequeña habitación del hotel Strand Palace, calculó que, en el caso de conseguir una reacción en cadena controlada, con apenas unos kilos de materia se podría obtener energía suficiente para cubrir las necesidades de una ciudad pequeña durante todo un año... o, si la energía se liberaba de repente, para destruirla en el acto. Szilard emigró más tarde a Estados Unidos, donde inició una búsqueda sistemática entre todos los elementos químicos

#### EL CÁLCULO QUE EL REY DEBERÍA HABER EXIGIDO A SU VISIR

No es para asustarse. Se trata de un cálculo muy fácil. Pretendemos averiguar cuántos granos de trigo correspondían a todo el ajedrez persa.

Una manera elegante (y perfectamente exacta) de calcularlo es la siguiente:

El exponente nos dice cuántas veces tenemos que multiplicar 2 por sí mismo.  $2^2 = 4$ .  $2^4 = 16$ .  $2^{10} = 1.024$ , etc. Llamaremos  $S$  al número total de granos del tablero de ajedrez, desde 1 en el primer escaque a  $2^{63}$  en el sexagésimo cuarto. Entonces, sencillamente,

$$S = 1 + 2 + 2^2 + 2^3 + \dots + 2^{62} + 2^{63}$$

Multiplicando por dos ambos términos de la ecuación, tendremos

$$2S = 2 + 2^2 + 2^3 + 2^4 + \dots + 2^{63} + 2^{64}$$

Restando la primera ecuación de la segunda, tenemos

$$2S - S = S = 2^{64} - 1,$$

que es la respuesta exacta.

¿Cuánto supone esto en una notación ordinaria de base 10? Si  $2^{10}$  se aproxima a 1.000, o  $10^3$  (dentro de un 2,4 %), entonces  $2^{20} = 2^{(10 \times 2)} = (2^{10})^2 =$  aproximadamente  $(10^3)^2 = 10^6$ , que es 10 multiplicado por sí mismo seis veces. De igual modo,  $2^{60} = (2^{10})^6 =$  aproximadamente  $(10^3)^6 = 10^{18}$ . Así,  $2^{64} = 2^4 \times 2^{60} =$  aproximadamente  $16 \times 10^{18}$ , o 16 seguido de 18 ceros, es decir, 16 trillones de granos. Un cálculo más exacto arroja 18,6 trillones de granos.

para comprobar si alguno despedía más neutrones de los que recibía. El uranio pareció ser un candidato prometedor. Szilard convenció a Albert Einstein de que escribiese su famosa carta al presidente Roosevelt, apremiándolo para que Estados Unidos construyese una bomba atómica. Szilard desempeñó un papel relevante en la primera reacción en cadena del uranio, lograda en 1942 en Chicago, lo que, de hecho, condujo a la bomba atómica. Después de eso pasó el resto de su vida advirtiendo de los peligros del arma que fue el primero en concebir. Había descubierto, por otros medios, el poder terrible del crecimiento exponencial.

Todo el mundo tiene dos progenitores, cuatro abuelos, ocho bisabuelos, 16 tatarabuelos, etc. Por cada generación que retrocedamos, tendremos el doble de antepasados directos. Cabe advertir que este problema guarda mucha semejanza con el del ajedrez persa. Si, por ejemplo, cada 25 años surge una nueva generación, entonces 64 generaciones atrás serán  $64 \times 25 = 1.600$  años, es decir, justo antes de la caída del imperio romano. De este modo (véase recuadro) cada uno de los que ahora vivimos tenía en el año 400 unos 18,5 trillones de antepasados directos..., o así parece. Y eso sin hablar de los parientes colaterales. Ahora bien, esa cifra supera con creces la población de la Tierra en cualquier época; es muy superior incluso al número acumulado de seres humanos nacidos a lo largo de toda la historia de nuestra especie. Algo falla en nuestro cálculo. ¿Qué es? Bueno, hemos supuesto que todos esos antepasados directos eran personas diferentes. Sin embargo, no es ése el caso. Un mismo antepasado se encuentra emparentado con nosotros por numerosas vías diferentes. Nos hallamos vinculados de forma repetida y múltiple con cada uno de nuestros parientes, y muchísimo más con los antepasados remotos.

Algo parecido sucede con el conjunto de la población humana. Si retrocedemos lo suficiente, dos personas cualesquiera de la Tierra encontrarán un antepasado común. Siempre que sale elegido un nuevo presidente de Estados Unidos, alguien —generalmente un inglés— descubre que el nuevo mandatario está emparentado con la reina o el rey de Inglaterra. Se considera que esta circunstancia liga a los pueblos de habla inglesa. Cuando dos personas proceden de una misma nación o cultura, o del mismo rincón del mundo, y sus genealogías están bien trazadas, es probable que se acabe por descubrir a su último antepasado común. En cualquier caso, las relaciones están claras: todos los habitantes de la Tierra somos primos.

Los crecimientos exponenciales aparecen también corrientemente asociados al concepto de «vida media». Un elemento radiactivo «padre» —plutonio, por ejemplo, o radio— se descompone en otro elemento «hijo», tal vez menos peligroso. Ahora bien, no lo hace de forma inmediata, sino estadística. Al cabo de cierto tiempo la desintegración ha afectado a la mitad de los átomos, y a este periodo se le denomina vida media. La mitad de lo que queda se desintegra en otra vida media, y la mitad del resto en una nueva vida media, etc. Por ejemplo, si la vida media fuese de un año, la mitad se desintegraría en un año, la mitad de la mitad, o todo menos un cuarto, desaparecería en dos años, todo menos un octavo en tres años, todo menos una milésima en 10 años, etc. Los diferentes elementos tienen distintas vidas medias. La vida media es un criterio básico cuando se trata de decidir qué se hace con los residuos radiactivos de las centrales nucleares o cuando se considera la lluvia radiactiva en una guerra atómica. Representa una decadencia exponencial, del mismo modo que el ajedrez persa supone un crecimiento exponencial.

La desintegración radiactiva es uno de los métodos principales para datar el pasado. Si podemos medir en una muestra la cantidad de material radiactivo padre y la cantidad de material hijo producto de la desintegración, cabe determinar la antigüedad de esa muestra. Es así como hemos descubierto que el llamado Santo Sudario de Turín no es la sábana con que se envolvió el cuerpo de Jesús, sino un engaño piadoso del siglo XIV (cuando fue denunciado como tal por las autoridades eclesiásticas), que los seres humanos prendían hogueras hace millones de años, que los fósiles más antiguos de la Tierra tienen al menos 3.500 millones de años, y que la edad de nuestro planeta es de 4.600 millones de años. El cosmos es, desde luego, miles de millones de años más viejo. Cuando uno comprende los crecimientos exponenciales, tiene en sus manos la clave de muchos de los secretos del universo.

Conocer algo de forma meramente cualitativa es conocerlo de manera vaga. Si tenemos conocimiento cuantitativo —captando alguna medida numérica que lo distinga de un número infinito de otras posibilidades— estamos comenzando a conocerlo en profundidad, comprendemos algo de su belleza y accedemos a su poder y al conocimiento que proporciona. El miedo a la cuantificación supone limitarse, renunciar a una de las perspectivas más firmes para entender y cambiar el mundo.

### 3. LOS CAZADORES DE LA NOCHE DEL LUNES

*El instinto de la caza* tiene [un] [...] origen remoto en la evolución de la raza. El instinto cazador y el de lucha se combinan en muchas manifestaciones [...] Puesto que el afán sanguinario de los seres humanos es una parte primitiva de nosotros, resulta muy difícil erradicarlo, sobre todo cuando se promete como parte de la diversión una pelea o una cacería.

William James, *Psychology*, XXIV (1890)

No podemos evitarlo. Cada año, al comenzar el otoño, las tardes de los domingos y las noches de los lunes abandonamos todo para contemplar las pequeñas imágenes en movimiento de 22 hombres que se acometen, caen, se levantan y dan patadas a un objeto alargado hecho con la piel de un animal. De vez en cuando, tanto los jugadores como los sedentarios espectadores son presa de arrebatos de éxtasis o de desesperación ante el desarrollo del partido. Por todo el territorio estadounidense, personas (casi exclusivamente hombres) con la mirada fija en la pantalla de cristal vitorean o gruñen al unísono. Dicho así parece, sin embargo, una estupidez, pero una vez que nos aficionamos a ello resulta difícil resistirse. Lo sé por experiencia.

Los atletas corren, saltan, golpean, tiran, lanzan, chutan, se agarran..., y es emocionante ver a seres humanos hacerlo tan bien. Luchan hasta caer al suelo. Se afanan en recoger o golpear con un palo o con el pie algo de color pardo o blanco que se mueve con rapidez.

En algunos juegos, tratan de dirigir esa cosa hacia lo que llaman «portería»; en otros, los participantes salen corriendo y luego vuelven a «casa». El trabajo en equipo lo es casi todo, y admiramos cómo encajan las diferentes partes para formar un conjunto maravilloso.

Ahora bien, la mayoría de nosotros no nos ganamos la vida con estas destrezas. ¿Por qué nos atrae tanto ver a otros correr o chutar? ¿Por qué es transcultural esta necesidad? (Los antiguos egipcios, los persas, los romanos, los mayas y los aztecas también jugaban a la pelota; el polo es de origen tibetano.)

Hay estrellas del deporte que ganan cincuenta veces el salario anual del presidente de Estados Unidos; los hay que, tras retirarse, consiguen ser elegidos para ocupar altos cargos. Son héroes nacionales. ¿Por qué, exactamente? Existe aquí algo que trasciende la diversidad de los sistemas políticos, sociales y económicos. Algo muy antiguo.

La mayor parte de los principales deportes se hallan asociados con una nación o con una ciudad y son símbolo de patriotismo y de orgullo cívico. Nuestro equipo nos representa —en tanto pueblo— frente a otros individuos de algún lugar diferente, habitado por seres extraños y, quizás, hostiles. (Cierto que la mayoría de «nuestros» jugadores no son realmente «nuestros». Se trata de mercenarios que, sin reparo alguno, abandonan el equipo de una ciudad para ingresar en el rival: un jugador de los Pirates [piratas] de Pittsburgh se convierte en miembro de los Angels [ángeles] de California; un integrante de los Padres de San Diego asciende a la categoría de miembro de los Cardinals [cardenales] de St. Louis; un Warrior [guerrero] de California es coronado como uno más de los Kings [reyes] de Sacramento. En ocasiones, todo un equipo emigra a otra ciudad.)

Una competición deportiva es un conflicto simbólico apenas enmascarado. No se trata de ninguna novedad. Los cherokees llamaban «hermano pequeño de la guerra» a su propia versión de *lacrosse*\* Y ahí están las palabras de Max Rafferty, ex superintendente de instrucción pública de California, quien, tras calificar a los enemigos del fútbol americano universitario de «imbéciles, inútiles, rojos y melenudos extravagantes y charlatanes», llegó a decir: «Los futbolistas [...] poseen un espléndido espíritu combativo que es América misma.» (Merece la pena reflexionar sobre la cuestión.)

A menudo se cita la opinión del difunto entrenador Vince Lombardi, quien afirmó que lo único que importa es ganar. George Allen, ex entrenador de los Redskins [pieles rojas] de Washington,

---

\* Juego de origen canadiense en el que se utilizan raquetas de mango largo para atrapar, llevar o lanzar la pelota a la portería del adversario. (*N. del T.*)

lo expresó de esta manera: «Perder equivale a morir.»

Hablamos de ganar y perder una guerra con la misma naturalidad con que se habla de ganar y perder un partido. En un anuncio televisivo del ejército norteamericano aparece un carro de combate que destruye a otro en unas maniobras, después de lo cual el jefe del vehículo victorioso dice: «Cuando ganamos, no gana una sola persona, sino todo el equipo.» La relación entre deporte y combate resulta por demás clara. Los *fans* (abreviatura de «fanáticos») llegan a cometer toda clase de desmanes, incluso a matar, cuando se sienten vejados por la derrota de su equipo, se les impide celebrar la victoria o consideran que el arbitro ha cometido una injusticia.

En 1985, la primera ministra británica no pudo por menos que denunciar la conducta agresiva de algunos de sus compatriotas aficionados al fútbol, que atacaron a grupos de seguidores italianos por haber tenido la desfachatez de aplaudir a su propio equipo. Las tribunas se vinieron abajo y murieron docenas de personas. En 1969, después de tres encarnizados partidos de fútbol, carros de combate de El Salvador cruzaron la frontera de Honduras y bombarderos de aquel país atacaron puertos y bases militares de éste. En esta «guerra del fútbol», las bajas se contaron por millares.

Las tribus afganas jugaban al polo con las cabezas cortadas de sus enemigos, y hace 600 años, en lo que ahora es Ciudad de México, había un campo de juego donde, en presencia de nobles revestidos de sus mejores galas, competían equipos uniformados. El capitán del equipo perdedor era decapitado y su cráneo expuesto con los de sus antecesores (se trataba, probablemente, del más apremiante de los acicates).

Supongamos que, sin tener nada mejor que hacer, saltamos de un canal de televisión a otro sirviéndonos del mando a distancia y aparece una competición en la que no estemos emocionalmente interesados, como puede ser un partido amistoso de voleibol entre Birmania y Tailandia. ¿Cómo decide uno por qué equipo se inclina? Ahora bien, ¿por qué inclinarse por uno u otro, por qué no disfrutar sencillamente del juego? A la mayoría nos cuesta adoptar esta postura neutral. Queremos participar en el enfrentamiento, sentirnos partidarios de un equipo. Simplemente nos dejamos arrastrar y nos inclinamos por uno de los competidores: «¡Hala, Birmania!» Es posible que en un principio nuestra lealtad oscile, primero hacia un equipo y luego hacia el otro. A veces optamos por el peor. Otras, vergonzosamente, nos pasamos al ganador si el resultado es previsible (cuando en un torneo un equipo pierde a menudo suele ser abandonado por muchos de sus seguidores). Lo que anhelamos es una victoria sin esfuerzo. Deseamos participar en algo semejante a una pequeña guerra victoriosa y sin riesgos.

En 1996, Mahmoud Abdul-Rauf, base de los Nuggets [pepitas de oro] de Denver, fue suspendido por la NBA. ¿Por qué? Pues porque Abdul-Rauf se negó a guardar las supuestas debidas formas durante la interpretación prescriptiva del himno nacional. La bandera de Estados Unidos representaba para él un «símbolo de opresión» ofensivo para su fe musulmana. La mayoría de los demás jugadores defendieron el derecho de Abdul-Rauf a expresar su opinión, aunque no la compartían. Harvey Araton, prestigioso comentarista deportivo de *The New York Times*, se mostró extrañado. Interpretar el himno nacional en un acontecimiento deportivo «es, reconozcámoslo, una tradición absolutamente idiota en el mundo de hoy», explicó, «al contrario de cuando surgió, al comienzo de los partidos de béisbol durante la Segunda Guerra Mundial, nadie acude a un acontecimiento deportivo como expresión de patriotismo». En contra de esto, yo diría que los acontecimientos deportivos tienen mucho que ver con cierta forma de patriotismo y de nacionalismo\*.

Los primeros certámenes atléticos organizados de que se tiene noticia se celebraron en la Grecia preclásica hace 3.500 años. Durante los Juegos Olímpicos originarios las ciudades-estado en guerra hacían una tregua. Los Juegos eran más importantes que las contiendas bélicas. Los hombres competían desnudos. No se permitía la presencia de espectadoras. Hacia el siglo VIII a. de C., los Juegos Olímpicos consistían en carreras (muchísimas), saltos, lanzamientos diversos (incluyendo el de jabalina) y lucha (a veces a muerte). Aunque pruebas individuales, son un claro antecedente de los modernos deportes de equipo.

---

\* La crisis se resolvió cuando Abdul-Rauf accedió a cuadrarse durante la interpretación del himno, pero rezando en vez de cantar.

También lo es la caza de baja tecnología. Tradicionalmente, la caza se considera un deporte siempre y cuando uno no se coma lo que captura (requisito de cumplimiento mucho más fácil para los ricos que para los pobres). Desde los primeros faraones, la caza ha estado asociada con las aristocracias militares. El aforismo de Oscar Wilde acerca de la caza británica del zorro, «lo indecible en plena persecución de lo incomible», expresa el mismo concepto dual. Los precursores del fútbol, el hockey, el rugby y deportes similares eran desdeñosamente denominados «juegos de la chusma», pues se los consideraba sustitutos de la caza, vedada a aquellos jóvenes que tenían que trabajar para ganarse la vida.

Las armas de las primeras guerras tuvieron que ser útiles cinegéticos. Los deportes de equipo no son sólo ecos estilizados de antiguas contiendas, sino que satisfacen también un casi olvidado impulso cazador. Las pasiones que despiertan los deportes son tan hondas y se hallan tan difundidas que es muy probable que estén impresas ya no en nuestro cerebro, sino en nuestros genes. Los 10.000 años transcurridos desde la introducción de la agricultura no bastan para que tales predisposiciones se desvanezcan. Si queremos entenderlas, debemos remontarnos mucho más atrás.

La especie humana tiene centenares de miles de años de antigüedad (la familia humana, varios millones). Hemos llevado una existencia sedentaria —basada en la agricultura y en la domesticación de animales— sólo durante el último 3 % de este periodo, el que corresponde a la historia conocida. En el 97 % inicial de nuestra presencia en la Tierra cobró existencia casi todo lo que es característicamente humano. Así, un poco de aritmética acerca de nuestra historia sugiere que las pocas comunidades supervivientes de cazadores-recolectores que no han sido corrompidas por la civilización pueden decirnos algo sobre aquellos tiempos.

*Vagamos con nuestros pequeños y todos los enseres a la espalda, siguiendo la caza, en busca de pozas. Por un tiempo, establecemos un campamento y luego partimos. Para proporcionar comida al grupo, los hombres se dedican principalmente a cazar y las mujeres a recolectar vegetales. Carne y patatas. Una típica, banda nómada, por lo general formada por parientes, cuenta con unas pocas docenas de individuos; aunque anualmente muchos centenares de nosotros, con la misma lengua y cultura, nos reunimos para celebrar ceremonias religiosas, comerciar, concertar matrimonios y narrar historias. Hay muchas historias acerca de la caza.*

*Me concentro aquí en los cazadores, que son hombres. Ahora bien, las mujeres poseen un significativo poder social, económico y cultural. Recogen bienes esenciales —nueces, frutos, tubérculos y raíces—, así como hierbas medicinales, cazan pequeños animales y proporcionan información estratégica sobre los movimientos de los animales grandes. Los hombres también dedican parte de su tiempo a la recolección y a las tareas «domésticas» (aunque no hay viviendas fijas). Pero la caza —sólo para alimentarse, nunca por deporte— es la ocupación permanente de todo varón sano.*

*Los chicos preadolescentes acechan con sus arcos y flechas aves y pequeños mamíferos. Para cuando llegan a adultos ya son expertos en procurarse armas, en cazar, descuartizar la presa y llevar al campamento los trozos de carne. El primer mamífero grande cobrado por un joven señala la mayoría de edad de éste. En su iniciación, lo marcan en el pecho o en los brazos con incisiones ceremoniales y frotan los cortes con hierbas para que, cuando cicatricen, quede un tatuaje. Son como condecoraciones de campaña; basta observar su pecho para hacernos una idea de su experiencia en combate.*

*A partir de una maraña de huellas de pezuñas podemos deducir exactamente cuántos animales pasaron, la especie, el sexo y la edad, si alguno está lisiado, cuánto tiempo hace que cruzaron y a qué distancia se encuentran. Capturamos algunas piezas jóvenes en campo abierto mediante lazos, hondas, bumeranes o pedradas certeras. Podemos acercarnos con audacia y matar a estacazos a los animales que todavía no han aprendido a temer a los hombres. A distancias mayores, contra presas más cautelosas, lanzamos venablos o flechas envenenadas. A veces estamos de suerte y con una diestra acometida tendemos una emboscada a toda una manada o logramos que se precipite por un tajo.*

*Entre los cazadores resulta esencial el trabajo en equipo. Para no asustar a la presa, hemos de comunicarnos mediante el lenguaje de los signos. Por la misma razón, tenemos que dominar nuestras emociones; tanto el miedo como el júbilo resultan peligrosos. Nuestros sentimientos hacia la presa son ambivalentes. Respetamos a los animales, reconocemos nuestro parentesco,*

*nos identificamos con ellos. Ahora bien, si reflexionamos demasiado acerca de su inteligencia o su devoción por las crías, si nos apiadamos de ellos, si los reconocemos en exceso como parientes nuestros, se debilitará nuestro afán por la caza; conseguiremos menos alimento y pondremos en peligro a nuestra gente. Estamos obligados a marcar una distancia emocional entre nosotros y ellos.*

Tenemos que considerar, pues, que durante millones de años nuestros antepasados varones fueron nómadas que lanzaban piedras contra las palomas, corrían tras las crías de antílope y las derribaban a fuerza de músculos, o formaban una sola línea de cazadores que gritando y corriendo trataban de espantar una manada de jabalís verrugosos. Sus vidas dependían de la destreza cinegética y del trabajo en equipo. Gran parte de su cultura estaba tejida en el telar de la caza. Los buenos cazadores eran también buenos guerreros. Luego, tras un largo periodo —tal vez unos cuantos miles de siglos—, muchos varones iban a nacer con una predisposición natural para la caza y el trabajo en equipo. ¿Por qué? Porque los cazadores incompetentes o faltos de entusiasmo dejaban menos descendencia.

No creo que el modo de aguzar la punta de piedra de una lanza o de emplumar una flecha esté impreso en nuestros genes, pero apuesto a que sí lo está la atracción por la caza. La selección natural contribuyó a hacer de nuestros antepasados unos soberbios cazadores.

La más clara prueba del éxito del estilo de vida del cazador-recolector es el simple hecho de que se extendió por seis continentes y duró millones de años (por no mencionar las tendencias cinegéticas de primates no humanos). Estos números hablan con elocuencia.

Tales inclinaciones tienen que seguir presentes en nosotros después de 10.000 generaciones en las que matar animales fue nuestro valladar contra la inanición. Y ansiamos ejercerlas, aunque sea a través de otros. Los deportes de equipo proporcionan una vía.

Una parte de nuestro ser anhela unirse a una minúscula banda de hermanos en un empeño osado e intrépido. Podemos advertirlo incluso en los videojuegos y juegos de rol tan populares entre los varones preadolescentes y adolescentes. Todas las virtudes masculinas tradicionales —laconismo, maña, sencillez, precisión, estabilidad, profundo conocimiento de los animales, trabajo en equipo, amor por la vida al aire libre— eran conductas adaptativas en nuestra época de cazadores-recolectores.

Todavía admiramos estos rasgos, aunque casi hemos olvidado por qué.

Al margen de los deportes, son escasas las vías de escape accesibles. En nuestros varones adolescentes aún podemos reconocer al joven cazador, al aspirante a guerrero: salta por los tejados, conduce una moto sin casco, alborota en la celebración de una victoria deportiva. En ausencia de una mano firme, es posible que esos antiguos instintos se desvíen un tanto (aunque nuestra tasa de homicidios sigue siendo aproximadamente la misma que la de los cazadores-recolectores supervivientes). Tratamos de que ese afán residual por matar no se vuelque en seres humanos, algo que no siempre conseguimos.

Me preocupa lo poderosos que pueden llegar a ser los instintos de la caza. Me inquieta que el fútbol de la noche del lunes no sea una vía de escape suficiente para el cazador moderno para ellos mismos por varias razones: porque sus economías solían ser saludables (muchos disponían de más tiempo libre que nosotros); porque, como nómadas, tenían escasas posesiones y apenas conocían el hurto y la envidia; porque consideraban la codicia y la arrogancia no ya males sociales, sino algo muy próximo a la enfermedad mental; porque las mujeres poseían un auténtico poder político y tendían a constituir una influencia estabilizadora y apaciguadora antes de que los chicos varones echaran mano de sus flechas envenenadas, y porque, cuando se cometía un delito serio —un homicidio, por ejemplo— era el grupo quien, colectivamente, juzgaba y castigaba.

Muchos cazadores-recolectores organizaron democracias igualitarias. No había jefes. No existía una jerarquía política o corporativa por la que soñar en ascender. No había nadie contra quien rebelarse.

Así pues, varados como estamos a unos cuantos centenares de siglos de donde deberíamos estar, y viviendo como vivimos, aunque no por culpa nuestra, una época de contaminación ambiental, jerarquía social, desigualdad económica, armas nucleares y perspectivas

menguantes, con las emociones del pleistoceno pero sin las salvaguardias sociales de entonces, quizá pueda perdonárenos un poco de fútbol el lunes por la noche.

## EQUIPOS Y TOTEMS

Los equipos asociados con ciudades tienen nombres: los Lions [leones] de Seibu, los Tigers [tigres] de Detroit, los Bears [osos] de Chicago. Leones, tigres y osos, águilas y págalos, llamas y soles... Tomando en consideración las diferencias ambientales y culturales, los grupos de cazadores-recolectores de todo el mundo ostentan nombres similares, a veces llamados tótems. Durante los muchos años que pasó entre los !kung, bosquimanos del desierto de Kalahari, en Botswana, el antropólogo Richard Lee elaboró una lista de tótems típicos (véase columna derecha del cuadro), por lo general anteriores al contacto con los europeos. Los Pies Cortos son, en mi opinión, primos de los Red Sox [medias rojas] y los White Sox [medias blancas]; los Luchadores, de los Raiders [asaltantes], los Gatos Montesés, de los Bengals [tigres de Bengala]; los Cortadores, de los Clippers [esquiladores]. Lógicamente, existen diferencias según los distintos estadios tecnológicos y, quizás, el diverso grado de modestia, autoconocimiento y sentido del humor. Es difícil imaginar un equipo de fútbol americano que se llamara los Diarreas, los Charlatanes (sería mi favorito, pues estaría formado por hombres sin problemas de autoestima) o los Dueños (en este caso la gente pensaría de inmediato en los jugadores que lo integrasen, lo que causaría no poca consternación a los auténticos propietarios del club).

De arriba abajo se relacionan nombres «totémicos» dentro de las siguientes categorías: aves, peces, mamíferos y otros animales; plantas y minerales; tecnología; personas, indumentaria y ocupaciones; alusiones míticas, religiosas, astronómicas y geológicas, y colores.				
<i>Equipos de baloncesto de la NBA de Estados Unidos</i>	<i>Equipos de fútbol americano de la liga nacional de Estados Unidos</i>	<i>Equipos de la primera división de Béisbol de Japón</i>	<i>Equipos de la primera división de béisbol de Estados Unidos</i>	<i>Nombres de grupos !Kung</i>
Halcones	Cardenales	Halcones	Arrendajos	Osos Hormigueros
Rapaces	Águilas	Golondrinas	Cardenales	Elefantes
Gamos	Halcones	Carpas	Oropéndolas	Jirafas
Toros	Cuervos	Búfalos	Mantarrayas	Impalas
Osos Grises	Págalos	Leones	Merlines'	Chacales
Lobos Grises	Delfines	Tigres	Cachorros	Rinocerontes
Avispas	Osos	Ballenas	Tigres	Antílopes
Pepitas de Oro	Tigres de Bengala	Estrellas de Mar	Serpientes de Cascabel	Gatos Montesés
Esquiladores	Picos	Bravos	Expos	Hormigas
Calor	Broncos	Luchadores	Bravos	Piojos
Pistones	Potros	Marinos	Cerveceros	Escorpiones
Cohetes	Jaguars	Dragones Gigantes	Regateros	Tortugas
Espuelas	Leones	Oriones	Indios	Melones Amargos
Supersónicos	Panteras	Ola Azul	Gemelos	Raíces Largas
Jinetes	Arietes		Yanquis	Raíces Medicinales
Celtas	Reactores		Medias Rojas	Enyugados
Reyes	Bucaneros		Medias Blancas	Cortadores
Antiguos Holandeses	Corceles		Atletas	Charlatanes
Inconformistas	Adalides		Metropolitanos	Fríos
Lacustres	Vaqueros		Reales	Diarreas
Encestadores	Los del 49		Filadelfienses	Luchadores
Trotadores	Petroleros		Piratas	Miserables
Los del 76	Embaladores		Marineros	Luchadores
Pioneros	Patriotas		Batidores	Dueños
Guerreros	Asaltantes		Gigantes	Penes
Jazz	Pfeles Rojas		Ángeles	Pies Cortos
Mágicos	Santos		Padres	



Soles	Metalúrgicos	Astros
Brujos	Vikingos	Rocosos
	Gigantes	Rojos
	Pardos	

## 4. LA MIRADA DE DIOS , Y EL GRIFO QUE GOTEA

Cuando te alzas por el horizonte oriental, colmas cada comarca con tu belleza [...]. Aunque te halles lejos, tus rayos están en la **Tierra**

Ekmatón, *Himno al Sol* (h. 1370 a. de C.)

En el Egipto faraónico de la época de Ekmatón, la ahora extinguida religión monoteísta que adoraba al Sol consideraba que la luz era la mirada de Dios. Por aquel entonces la visión se concebía como una especie de emanación que procedía del ojo. La vista era algo así como un radar, que alcanzaba y tocaba los objetos contemplados. El Sol —sin el cual poco más que las estrellas resultaba visible— bañaba, iluminaba y calentaba el valle del Nilo. Habida cuenta de la física del tiempo y de la existencia de una generación de adoradores del Sol, tenía cierto sentido describir la luz como la mirada de Dios. Tres mil trescientos años más tarde, una metáfora más profunda, aunque mucho más prosaica, proporciona una mejor comprensión de la luz.

Estamos sentados en la bañera y el grifo gotea. Una vez cada segundo, por ejemplo, una gota cae en la tina. Esta gota genera una onda que se extiende formando un círculo perfecto y bello, y cuando llega a los bordes de la bañera rebota. La onda reflejada es más débil y después de uno o más rebotes ya no logramos distinguirla.

Nuevas ondas llegan a los límites de la bañera, cada una provocada por otra gota que cae del grifo. Un pato de goma sube y baja al paso de cada onda. El nivel del agua está claramente un poco más alto en la cresta de la onda que se mueve y algo más bajo en el valle entre dos crestas.

La «frecuencia» de una onda es sencillamente el tiempo transcurrido entre el paso de dos crestas por el punto de observación, en este caso, un segundo. Como cada gota crea una onda, la frecuencia equivale al ritmo de goteo. La longitud de onda es sencillamente la distancia entre crestas sucesivas, en este caso del orden de 10 centímetros. Ahora bien, si cada segundo pasa una onda y median 10 centímetros entre una y otra, su velocidad es de 10 centímetros por segundo. La velocidad de una onda, concluimos después de reflexionar por un instante, es la frecuencia multiplicada por la longitud de onda.

Las ondas en una bañera y las olas del océano son bidimensionales; se propagan como círculos sobre la superficie del agua a partir de un punto. Las ondas sonoras, en cambio, son tridimensionales, es decir, se difunden por el aire en todas direcciones a partir de su punto de origen. En las crestas de una onda sonora el aire está algo comprimido; en los valles, el aire se enrarece. Nuestro oído detecta esas diferencias de presión. Cuanto más a menudo llegan (cuanto mayor es la frecuencia), más agudo es el tono.

Los tonos musicales dependen exclusivamente de la frecuencia de las ondas sonoras. La nota do mayor es el tono correspondiente a 263 vibraciones por segundo (los físicos dirían 263 hercios)\*. ¿Cuál sería la longitud de onda del do mayor? ¿Qué distancia habría entre cresta y cresta si las ondas sonoras fuesen visibles? Al nivel del mar, el sonido se desplaza a unos 340 metros por segundo (1.224 kilómetros por hora). Al igual que en la bañera, la longitud de onda será la velocidad de la onda dividida por la frecuencia, alrededor de 1,3 metros para el do mayor (aproximadamente la estatura de un niño de nueve años).

Existe una suerte de acertijo concebido para confundir a la ciencia y que dice algo así: «¿Qué es un do mayor para una persona sorda de nacimiento?» Pues lo mismo que para el resto de nosotros: 263 hercios, una frecuencia determinada y única correspondiente a esta nota y a ninguna otra. Si uno no es capaz de oírla directamente, puede percibirla de forma inequívoca con un amplificador de sonido y un osciloscopio. Claro está que se trata de una experiencia distinta de la percepción humana habitual de las ondas sonoras, porque emplea la vista en lugar del oído, pero ¿qué más da? Toda la información se encuentra allí. Es posible captar acordes, *staccato*, *pizzicato* y timbre. Podemos asociarla con las otras veces que hayamos «oído» el do mayor. Tal vez la representación electrónica del do mayor no sea comparable en lo emotivo a la sensación auditiva, pero incluso esto puede ser cuestión de experiencia. Dejando al margen

---

\* Una octava por encima del do mayor es 526 hercios; dos octavas, 1.052 hercios, etc.

genios como Beethoven, uno puede ser más sordo que una tapia y aun así «experimentar» la música.

Ésta es también la solución de un antiguo enigma: si un árbol cae en el bosque pero no hay allí nadie para oírlo, ¿se produce un sonido? Desde luego que no, si definimos el sonido en términos de un oyente. Pero ésta es una definición excesivamente antropocéntrica. Resulta evidente que, si el árbol cae, creará ondas sonoras que puede detectar, por ejemplo, una grabadora; al reproducirlas reconoceremos el sonido de un árbol al caer en un bosque. No hay ningún misterio en ello.

Pero el oído humano no es un detector perfecto. Existen frecuencias (por debajo de 20 oscilaciones por segundo) que son demasiado bajas para que podamos oírlas, aunque las ballenas se comunican perfectamente en esos tonos. De igual manera, hay frecuencias (por encima de las 20.000 oscilaciones por segundo) demasiado altas para el oído humano, si bien los perros las detectan sin dificultad (recordemos que responden cuando se los llama con un silbato ultrasónico). Existen dominios sonoros —un millón de oscilaciones por segundo, por ejemplo— que son y serán siempre inaccesibles a la percepción humana directa. Aunque nuestros órganos sensoriales están magníficamente adaptados, tienen limitaciones físicas fundamentales.

Es natural que nos comuniquemos a través del sonido. Otro tanto hacen nuestros parientes primates. Somos gregarios y mutuamente interdependientes; tras nuestro talento comunicativo subyace, pues, una auténtica necesidad. A lo largo de los últimos millones de años nuestro cerebro creció a un ritmo sin precedentes, y en la corteza cerebral se desarrollaron regiones especializadas en el lenguaje. Nuestro vocabulario se multiplicó, con lo que cada vez pudimos expresar más cosas mediante sonidos.

En nuestra etapa de cazadores-recolectores el lenguaje se hizo esencial para planificar las actividades de la jornada, educar a los niños, forjar amistades, advertir a los demás del peligro y sentarnos en torno al fuego después de cenar para contarnos relatos bajo el cielo estrellado. Con el tiempo inventamos la escritura fonética, que permitió trasladar los sonidos al papel y con ello, sólo con mirar una página, oír la voz de alguien dentro de nuestra cabeza (una invención tan difundida en los últimos milenios que apenas nos hemos parado a considerar lo sorprendente que es). En realidad, el lenguaje no es una forma de comunicación instantánea: cuando emitimos un sonido, creamos ondas que se desplazan por el aire a una velocidad finita. A efectos prácticos, sin embargo, sí lo es. Por desgracia, nuestros gritos no llegan muy lejos. Es sumamente difícil mantener una conversación coherente con alguien situado a sólo 100 metros de distancia.

Hasta hace relativamente poco tiempo la densidad de la población humana era muy baja. Apenas había razón para comunicarse con nadie a más de 100 metros de distancia. Fuera de los miembros de nuestro grupo familiar nómada, pocos se acercaban lo suficiente para comunicarse con nosotros. En las raras ocasiones en que esto sucedía, reaccionábamos por lo general de manera hostil. El etnocentrismo —la idea de que nuestro pequeño grupo, sea cual fuere, es mejor que cualquier otro— y la xenofobia —ese miedo al extraño que induce a «disparar primero y preguntar después»— se hallan profundamente arraigados en nosotros. No son en modo alguno privativos de nuestra especie; todos nuestros parientes simios se comportan de manera similar, al igual que muchos otros mamíferos. Estas actitudes están auspiciadas o, como mínimo, acentuadas por las cortas distancias a las que es posible la comunicación.

Cuando dos grupos humanos se mantienen aislados durante largos periodos de tiempo, uno y otro comienzan a evolucionar lentamente en direcciones distintas. Los guerreros del grupo vecino, por ejemplo, empiezan a lucir pieles de ocelote en vez del tocado de plumas de águila que, como todo el mundo sabe, es lo correcto, elegante y decoroso. Su lenguaje comienza a diferenciarse del nuestro, sus dioses tienen nombres raros y exigen ceremonias y sacrificios extraños. El aislamiento suscita diversidad, y tanto la baja densidad de población como el limitado radio de comunicaciones garantiza el aislamiento. La familia humana —originada en un pequeño enclave del África oriental hace unos pocos millones de años— se desperdigó, se separó y diversificó, y los otrora vecinos se tornaron extraños.

La inversión de esta tendencia —el movimiento hacia la confraternización y la reunificación de las tribus desperdigadas de la familia humana, la integración de la especie— ha tenido lugar sólo en tiempos recientes y gracias a los avances tecnológicos. La domesticación del caballo nos

permitió enviar mensajes (y trasladarnos) a centenares de kilómetros en pocos días. Los progresos en la navegación a vela hicieron posible viajar a los más remotos rincones del planeta (aunque de forma todavía muy lenta: en el siglo XVIII hacían falta unos dos años para llegar por agua de Europa a China). Por aquel entonces, comunidades humanas muy alejadas entre sí podían enviarse embajadores e intercambiar productos de importancia económica. Sin embargo, para la gran mayoría de los chinos del siglo XVIII, los europeos no habrían resultado más exóticos de haber vivido en la Luna, y otro tanto puede decirse de los europeos respecto a los chinos. La integración y la desprovincialización auténticas del planeta requerían una tecnología que comunicase mucho más deprisa que el caballo o el barco de vela, que transmitiese información a todo el mundo y que fuese lo bastante barata para resultar accesible (al menos esporádicamente) al individuo medio. Semejante tecnología comenzó a hacerse realidad con la invención del telégrafo y el tendido de cables submarinos; se desarrolló sobremanera con la llegada del teléfono, que empleaba el mismo tipo de cables, y luego proliferó enormemente con la aparición de la radio, la televisión y los satélites de comunicaciones.

En la actualidad nos comunicamos de manera rutinaria e indiferente (sin detenernos siquiera a pensar en ello) a la velocidad de la luz. Pasar de la velocidad del caballo o del barco de vela a la de la luz supone multiplicar por casi cien millones. Por razones de física fundamental formuladas en la teoría especial de la relatividad de Einstein, sabemos que no hay forma de enviar información a velocidades superiores a la de la luz. En un siglo hemos llegado al límite. La tecnología es tan poderosa, y sus repercusiones tienen tan largo alcance, que nuestras sociedades aún no se han amoldado a la nueva situación.

Siempre que hacemos una llamada telefónica al otro lado del océano podemos advertir un breve intervalo desde que acabamos de formular una pregunta hasta que la persona con quien hablamos empieza a responder. Esa demora es el tiempo que necesita el sonido de nuestra voz para entrar por el teléfono, correr por los hilos conductores, alcanzar una estación transmisora, ser lanzado en forma de microondas hacia un satélite de comunicaciones situado en una órbita geosíncrona, ser enviado de vuelta a una estación receptora, correr otro tramo por los hilos, hacer vibrar un diafragma en el teléfono de destino (tal vez al otro lado del mundo) para crear ondas sonoras en un exiguo volumen de aire, penetrar en el oído de alguien, transmitir un mensaje electroquímico del oído al cerebro y, finalmente, ser entendido.

El viaje de ida y vuelta entre la superficie de la Tierra y el satélite es de un cuarto de segundo. Cuanto más separados estén el emisor y el receptor mayor será la demora. En las conversaciones con los astronautas de los *Apolos* en la Luna, la demora entre pregunta y respuesta era mayor. La razón es que el viaje de ida y vuelta de la luz (o de las ondas de radio) entre la Tierra y la Luna dura 2,6 segundos. Se necesitan 20 minutos para recibir un mensaje de una nave favorablemente situada en órbita marciana. En agosto de 1989 recibimos imágenes de Neptuno, incluidas sus lunas y sus anillos, tomadas por la nave *Voyager 2*; eran datos que procedían de los confines del sistema solar y que, a la velocidad de la luz, tardaron cinco horas en llegar hasta nosotros. Fue una de las comunicaciones a mayor distancia efectuadas por la especie humana.

En muchos contextos, la luz se comporta como una onda. Imaginemos, por ejemplo, la que penetra en una habitación a oscuras a través de dos ranuras paralelas. ¿Qué imagen arroja en una pantalla tras las ranuras? Respuesta: una imagen de las ranuras, más exactamente, una serie de bandas paralelas (lo que los físicos llaman un «patrón de interferencia»). En vez de desplazarse como una bala en línea recta, las ondas se propagan desde las dos ranuras con ángulos diversos. Allí donde coinciden dos crestas, tenemos una imagen luminosa de la ranura: una interferencia «constructiva»; y allí donde coinciden una cresta y un valle, tenemos oscuridad: una interferencia «destruktiva». Éste es el comportamiento propio de una onda. Observaríamos lo mismo tratándose de olas que atravesaran dos agujeros abiertos en la pared de un dique al nivel de la superficie del agua.

Sin embargo, la luz también se comporta como un chorro de diminutos proyectiles, denominados fotones. Así se explica el funcionamiento de una célula fotoeléctrica ordinaria (como las que se incorporan en cámaras y calculadoras). Cada fotón que incide hace saltar un electrón de una superficie fotosensible; muchos fotones generan muchos electrones, un flujo de corriente eléctrica. ¿Cómo es posible que la luz sea simultáneamente una onda y una partícula? Tal vez resulte más adecuado pensar en otra cosa, ni onda ni partícula, algo que no tenga equivalencia

inmediata en el mundo cotidiano de lo palpable, y que en unas circunstancias comparta las propiedades de una onda y en otras las de una partícula. Esta dualidad onda-partícula constituye otro recordatorio de un hecho crucial que para nosotros es una cura de humildad: la naturaleza no siempre se somete a nuestras predisposiciones y preferencias por lo que estimamos cómodo y fácil de entender.

Ahora bien, a casi todos los efectos la luz es similar al sonido. Las ondas luminosas son tridimensionales, poseen una frecuencia, una longitud de onda y una velocidad (la de la luz). Pero, cosa sorprendente, no requieren para su propagación un medio como el agua o el aire. La luz procedente del Sol y de estrellas lejanas llega hasta nosotros a pesar de que el espacio intermedio es un vacío casi perfecto. En el espacio, los astronautas sin contacto por radio son incapaces de oírse aunque sólo los separen unos centímetros. No existe aire que transporte el sonido. Sin embargo, pueden verse perfectamente. Si quieren oírse tendrán que hacer que sus cascos se toquen. Extraigamos el aire de nuestra habitación y no conseguiremos oír a ninguno de los presentes quejarse a causa de ello, aunque no nos resultará difícil verlos agitarse y dar boqueadas.

La luz ordinaria y visible —aquella que captan nuestros ojos— tiene una frecuencia muy elevada, del orden de 600 billones ( $6 \times 10^{14}$ ) de oscilaciones por segundo. Como la velocidad de la luz es de 30.000 millones ( $3 \times 10^{10}$ ) de centímetros por segundo (300.000 kilómetros por segundo), la longitud de onda de la luz visible es aproximadamente de 30.000 millones dividido por 600 billones, es decir, 0,00005 ( $3 \times 10^{10} / 6 \times 10^{14} = 0,5 \times 10^{-4}$ ) centímetros, algo demasiado pequeño para poder verlo (suponiendo que fuese posible iluminar las ondas luminosas mismas).

Así como las diferentes frecuencias de sonido son percibidas por los seres humanos como distintos tonos musicales, las diferentes frecuencias de luz son percibidas como colores distintos. La luz roja tiene una frecuencia del orden de 460 billones ( $4,6 \times 10^{12}$ ) de oscilaciones por segundo, y la luz violeta de 710 billones ( $7,1 \times 10^{12}$ ) de oscilaciones por segundo. Entre ambas se encuentran los colores familiares del arco iris. Cada color corresponde a una frecuencia.

Como hicimos con la cuestión del significado de un tono musical para una persona sorda de nacimiento, podemos plantear la pregunta complementaria del significado del color para una persona ciega de nacimiento. De nuevo, la respuesta es una frecuencia determinada y única, que puede medirse con un dispositivo óptico y percibirse, si se quiere, como un tono musical. Una persona ciega puede distinguir, con el adiestramiento y el equipamiento adecuados, entre el rosa, el rojo manzana y el rojo sangre. Si dispusiese de la documentación espectrométrica necesaria sería capaz de distinguir más matices de color que el ojo humano no adiestrado. Sí, existe una sensación del rojo que las personas videntes perciben hacia los 460 billones de hercios. Pero no creo que tras esta sensación haya nada más. No existe ninguna magia en ello, por bello que resulte.

Igual que hay sonidos demasiado agudos y demasiado graves para que podamos oírlos, también existen frecuencias de luz, o colores, fuera de nuestro campo de visión, y que van desde las mucho más altas (cerca del trillón  $10^{18}$  de oscilaciones por segundo para los rayos gamma) hasta las mucho más bajas (menos de una oscilación por segundo para las ondas largas de radio). Recorriendo el espectro lumínico, de las frecuencias más altas a las más bajas, podemos distinguir bandas amplias denominadas rayos gamma, rayos X, luz ultravioleta, luz visible, luz infrarroja y ondas de radio. Todas viajan a través del vacío, y cada una es una clase de luz tan legítima como la luz visible ordinaria.

Para cada una de estas gamas de frecuencia existe una astronomía propia. El cielo adquiere un aspecto diferente con cada régimen de luz. Por ejemplo, hay estrellas brillantes que resultan invisibles en la banda de los rayos gamma. Pero las enigmáticas explosiones de estos rayos, detectadas por observatorios orbitales al efecto son, sin excepción, casi completamente inapreciables en la banda de la luz visible ordinaria. Si contemplásemos el universo sólo en la banda visible —como hemos hecho durante la mayor parte de nuestra historia— ignoraríamos la existencia de fuentes de rayos gamma. Lo mismo puede decirse de las de rayos X, infrarrojos y ondas de radio (así como de las fuentes, más exóticas, de neutrinos y rayos cósmicos y, quizá, de ondas gravitatorias).

Estamos predispuestos en favor de la luz visible. Somos chovinistas en este aspecto, pues es la única clase de luz a la que nuestros ojos son sensibles. Ahora bien, si nuestro cuerpo pudiera

transmitir y recibir ondas de radio, los seres humanos primitivos habrían conseguido comunicarse entre sí a grandes distancias; si ése hubiera sido el caso de los rayos X, nuestros antepasados habrían podido examinar el interior oculto de plantas, personas, otros animales y minerales. ¿Por qué, pues, la evolución no nos ha dotado de ojos sensibles a esas otras frecuencias lumínicas?

Cualquier material que escojamos absorbe la luz de ciertas frecuencias, pero no de otras. Cada sustancia tiene sus propias inclinaciones. Existe una resonancia natural entre la luz y la química. Algunas frecuencias, como los rayos gamma, son absorbidas de forma indiscriminada por todos los materiales. La luz emitida por una linterna de rayos gamma sería absorbida con facilidad por el aire a lo largo de su trayectoria. Los rayos gamma procedentes del espacio, que tienen que atravesar la atmósfera terrestre, quedan enteramente absorbidos antes de llegar al suelo. Por lo que respecta a los rayos gamma, al nivel de la superficie reina la oscuridad (excepto en torno a objetos tales como las armas nucleares). Si queremos ver rayos gamma procedentes del centro de la galaxia, debemos enviar nuestros instrumentos al espacio. Algo semejante sucede con los rayos X, la luz ultravioleta y la mayor parte de las frecuencias del infrarrojo.

Por otro lado, la mayoría de materiales absorbe mal la luz visible. El aire, por ejemplo, suele ser transparente a ella. Así pues, una de las razones de que veamos en la banda de frecuencias visible es que esta clase de luz atraviesa la atmósfera hasta llegar a nosotros. Unos ojos aptos para rayos gamma tendrían un uso muy limitado en una atmósfera opaca a éstos. La selección natural sabe hacer bien las cosas.

La otra razón de que percibamos la luz visible es que el Sol concentra casi toda su energía en esta banda. Una estrella muy caliente emite principalmente en el ultravioleta. Una estrella muy fría emite sobre todo en el infrarrojo. Pero el Sol, una estrella de temperatura media, consagra a la luz visible la mayor parte de su energía. Con una precisión notablemente alta, el ojo humano alcanza su sensibilidad máxima en la frecuencia correspondiente a la región amarilla del espectro, donde el Sol es más brillante.

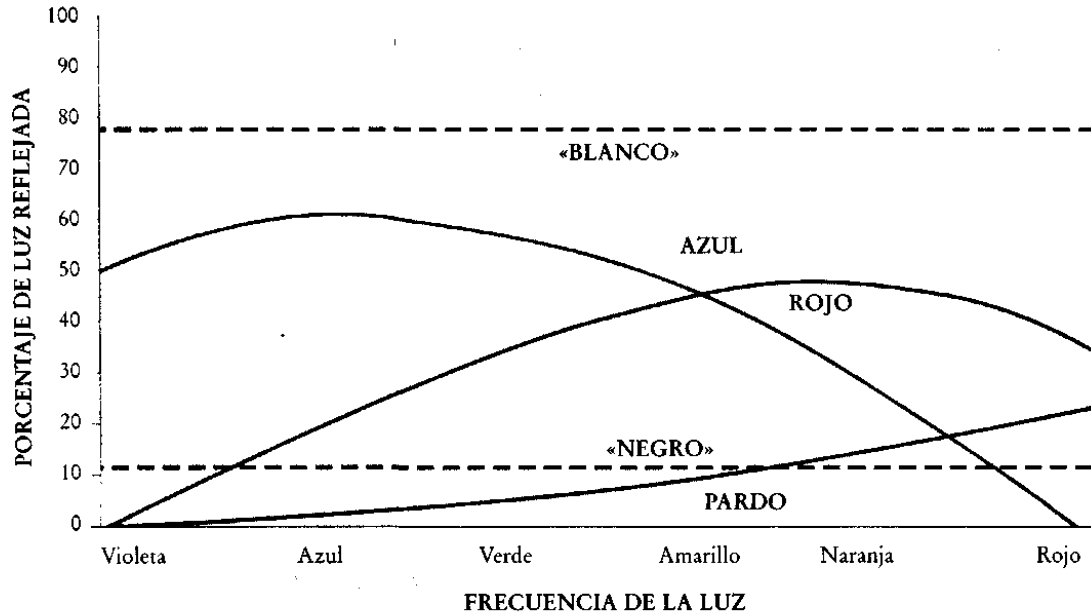
¿Es posible que los seres de algún otro planeta tengan una sensibilidad visual máxima a frecuencias muy distintas? No me parece probable. Casi todos los gases que abundan en el cosmos tienden a ser transparentes a la luz visible y opacos a las frecuencias próximas. Todas las estrellas, a excepción de las más frías, concentran gran cantidad de su energía en las frecuencias visibles, si no la mayor parte de ellas. El hecho de que tanto la transparencia de la materia como la luminosidad de las estrellas opten por la misma gama reducida de frecuencias parece ser sólo una coincidencia que se deriva de las leyes fundamentales de la radiación, la mecánica cuántica y la física nuclear, y que se puede aplicar, por lo tanto, no sólo a nuestro sistema solar, sino a todo el universo.

Tal vez existan excepciones ocasionales, pero creo que los seres de otros mundos, si los hay, probablemente verán en la misma banda de frecuencias que nosotros\*.

Si a nuestros ojos la vegetación es verde, se debe a que refleja la luz de este color y absorbe la roja y la azul. Podremos trazar un esquema del grado de reflexión de la luz según sus diferentes colores. Algo que absorba la luz azul y refleje la

---

\* Todavía me preocupa el que esta argumentación pueda estar infectada por un cierto chovinismo hacia la luz visible: seres como nosotros, que ven sólo la luz dentro de una estrecha banda de frecuencias, deducen que todo el mundo en el universo debe ver igual. Sabiendo hasta qué punto rebosa de chovinismo nuestra historia, no puedo evitar cierta suspicacia ante mi conclusión. Pero, hasta donde soy capaz de ver, esta idea no responde al engrandecimiento humano sino a una ley física.



roja se verá rojo; algo que absorba la luz roja y refleje la azul se verá azul. Vemos blanco un objeto cuando refleja todos los colores más o menos por igual. Esto vale también para los materiales grises y negros. La diferencia entre blanco y negro no es cuestión de color, sino de la cantidad de luz reflejada, de modo, pues, que no se trata de términos absolutos, sino relativos.

El material natural más brillante puede que sea la nieve recién caída. Sin embargo, sólo refleja el 75 % de la luz incidente. Los materiales más oscuros que podemos encontrar en la vida diaria —como el terciopelo negro— aún reflejan un pequeño porcentaje de la luz que incide sobre ellos. «Tan diferente como el negro y el blanco» es un dicho que contiene un error conceptual. Blanco y negro son fundamentalmente la misma cosa, la diferencia sólo estriba en la cantidad relativa de luz reflejada, no en su color.

Entre los seres humanos, la mayoría de «blancos» lo son bastante menos que la nieve recién caída (o incluso que un frigorífico de ese color), y la mayor parte de «negros» lo son menos que el terciopelo negro. Se trata de términos relativos, vagos, confusos.

La fracción de la luz incidente que refleja la piel humana (reflectancia) varía de modo considerable de un individuo a otro. La pigmentación de la piel se debe principalmente a una molécula orgánica llamada melanina, que el cuerpo elabora a partir de la tirosina, un aminoácido corriente en las proteínas. Los albinos padecen una anomalía hereditaria que impide la síntesis de melanina. Su piel y su pelo son de un blanco lechoso. El iris de sus ojos es rosado. Los animales albinos son raros en la naturaleza porque, por un lado, su piel proporciona escasa defensa contra la radiación solar y, por otro, carecen de camuflaje protector. Los albinos no suelen vivir mucho tiempo.

En Estados Unidos, casi todo el mundo es moreno. Nuestras pieles reflejan algo más la luz del extremo rojo del espectro visible que la del extremo azul. Es tan absurdo describir como «de color» a los individuos con un contenido elevado de melanina como calificar de «pálidos» a quienes lo tienen bajo.

Las diferencias significativas en la reflectancia de la piel sólo se manifiestan en la banda visible y en frecuencias inmediatamente adyacentes. Los descendientes de europeos nórdicos y aquellos cuyos antepasados procedían del África central son igual de negros en el ultravioleta y en el infrarrojo, donde casi todas las moléculas orgánicas, y no sólo la melanina, absorben la luz. Únicamente en la banda visible, donde muchas moléculas son transparentes, es posible la anomalía de la piel blanca. En la mayor parte del espectro todos los seres humanos somos

negros\*.

La luz solar se compone de una mezcla de ondas con frecuencias correspondientes a todos los colores del arco iris. Hay algo más de amarillo que de rojo o azul, lo que explica en parte el tono amarillo del Sol.

Todos estos colores inciden, por ejemplo, en el pétalo de una rosa. ¿Por qué entonces la rosa se ve roja? Porque todos los colores aparte del rojo son sustancialmente absorbidos por el pétalo. La mezcla de ondas luminosas incide sobre la rosa. Las ondas rebotan una y otra vez bajo la superficie del pétalo y, como sucedía en la bañera, tras cada rebote se amortiguan, pero en cada reflexión las ondas azules y amarillas son absorbidas más que las rojas.

El resultado neto es que se refleja más luz roja que de cualquier otro color, y es por esto por lo que percibimos la belleza de una rosa roja. Sucede lo mismo con las flores azules o violetas, sólo que en este caso son la luz roja y la amarilla las absorbidas con preferencia, en tanto que la azul y la violeta se reflejan.

Existe un pigmento orgánico responsable de la absorción de luz en flores tales como las rosas y las violetas, de colores tan característicos que han adoptado sus nombres. Se denomina antocianina. Curiosamente, una antocianina típica se torna roja en un medio ácido, azul en un medio alcalino y violeta en un medio neutro. Así, las rosas son rojas porque contienen antocianina y su medio interno es un tanto ácido, mientras que las violetas son azules porque contienen antocianina en un medio interno alcalino.

Los pigmentos azules son poco frecuentes en la naturaleza, tal como lo demuestra la rareza de las rocas o arenas azules en la Tierra y en los otros planetas. Los pigmentos azules son bastante complejos; las antocianinas están compuestas de unos veinte átomos, cada uno más pesado que el hidrógeno, dispuestos en una estructura específica.

Los seres vivos utilizan los colores de muchas maneras: para absorber la luz solar y, a través de la fotosíntesis, producir alimento sólo a partir de aire y agua; para recordar a las aves que crían dónde están los gajales de sus polluelos, para interesar a una pareja; para atraer a un insecto polinizador; para camuflarse y pasar inadvertidos, y, al menos entre los seres humanos, para deleitarse con su belleza. Pero todo esto sólo es posible gracias a la física de las estrellas, la química del aire y la soberbia maquinaria del proceso evolutivo, que nos ha conducido a una armonía tan espléndida con nuestro entorno físico.

Cuando estudiamos otros mundos, cuando examinamos la composición química de sus atmósferas o superficies —cuando intentamos comprender por qué es parda la bruma alta de Titán, una luna de Saturno, o rosado el terreno agrietado de Tritón, una luna de Neptuno— nos basamos en propiedades de las ondas luminosas, no muy diferentes de las del agua en la bañera. Dado que todos los colores que vemos —en la Tierra y en cualquier otra parte— sólo existen en función de aquellas longitudes de onda que se reflejan mejor, imaginar el Sol acariciando todo cuanto tiene a su alcance, concebir su luz como la mirada de Dios, es algo más que una idea poética. Pero quien quiera comprender mejor lo que sucede hará bien en pensar en un grifo que gotea.

---

\* Éstas son algunas de las razones por las que «afroamericano» es un término mucho más descriptivo que «negro».



## 5. CUATRO PREGUNTAS CÓSMICAS

Cuando en lo alto aún no habían recibido nombre los cielos,  
ni mención tenía el firme suelo de abajo [...].  
Ni estaba cubierta de cañizo una choza, ni existían marjales,  
cuando aún no había divinidad alguna  
que tuviera un nombre y cuyo destino se hallara determinado,  
entonces surgieron los dioses...

*Enuma. Elish,*

Mito babilónico de la creación

(finales del tercer milenio a. de C.)\*

Cada cultura tiene su mito de la creación, a través del cual se intenta comprender de dónde procede el universo y todo lo que contiene. Estos mitos pocas veces son algo más que cuentos concebidos por fabulistas. En nuestra época contamos también con un mito de la creación. Ahora bien, éste está basado en pruebas científicas, y reza más o menos así...

Vivimos en un universo en expansión, cuya vastedad y antigüedad están más allá de la comprensión humana ordinaria. Las galaxias que alberga se alejan precipitadamente unas de otras; son remanentes de una inmensa explosión, el Big Bang. Algunos científicos piensan que nuestro universo puede ser uno entre un vasto número —quizás infinito— de universos mutuamente aislados. Puede que unos crezcan y se colapsen, nazcan y mueran, en un instante. Otros quizá se expandan eternamente. Algunos podrían estar equilibrados de manera sutil y sufrir un gran número —tal vez infinito— de expansiones y contracciones. Nuestro propio universo o al menos su presente encarnación, se encuentra a unos 15.000 millones de años de su origen, el Big Bang.

Es posible que en esos otros universos las leyes de la naturaleza sean diferentes y la materia adopte otras formas. En muchos de ellos, carentes de soles y de planetas e incluso de elementos químicos de complejidad superior a la del hidrógeno y el helio, sería imposible la vida. Otros podrían tener una complejidad, una diversidad y una riqueza superiores a las del nuestro. Si existen otros universos, tal vez nunca podamos desentrañar sus secretos y mucho menos visitarlos. Pero en el nuestro disponemos de materia suficiente en la que ocuparnos. Nuestro universo contiene unos 100.000 millones de galaxias, una de las cuales es la Vía Láctea. «*Nuestra* Galaxia», solemos decir, aunque desde luego no somos sus dueños. Está compuesta de gases, polvo y unos 400.000 millones de soles. Uno de éstos, situado en un oscuro brazo espiral, es el Sol, la estrella local (hasta donde sabemos, anodina, vulgar, corriente). En su viaje de 250 millones de años en torno al centro de la Vía Láctea, acompaña al Sol todo un séquito de pequeños mundos. Algunos son planetas, otros, satélites, asteroides o cometas. Los seres humanos somos una de las 50.000 millones de especies que han prosperado y evolucionado en un pequeño planeta, el tercero a partir del Sol, al que llamamos Tierra. Hemos enviado naves para reconocer otros 70 mundos de nuestro sistema, y para penetrar en la atmósfera o posarse en la superficie de cuatro: la Luna, Venus, Marte y Júpiter. Estamos comprometidos en un empeño mítico.

La profecía es un arte perdido. A pesar de nuestro «ansioso deseo de horadar la espesa oscuridad del futuro», para utilizar palabras de Charles McKay, no demostramos ser muy duchos en la materia. En ciencia, los descubrimientos más importantes son a menudo los más inesperados, y no una simple extrapolación de lo que ya sabemos. La razón es que la naturaleza es, de lejos, mucho más ingeniosa, sutil y brillante que los seres humanos. No deja de ser estúpido, pues, tratar de prever cuáles puedan ser los hallazgos más significativos en

---

\* \* «*Enuma Elish*» son las primeras palabras del mito, como si el Libro del Génesis se llamase «En el principio» (que es, de hecho, la significación aproximada del término de origen griego «génesis»).

astronomía en las próximas décadas, el bosquejo futuro de nuestro mito de la creación. Por otro lado, sin embargo, existen tendencias discernibles en el desarrollo de la instrumentación que sugieren al menos una perspectiva de descubrimientos pasmosos.

La elección por parte de cualquier astrónomo de los cuatro problemas más interesantes sería idiosincrásica y conozco a muchos que se inclinarían por opciones diferentes de las mías.

Entre otros candidatos figuran la materia oscura que constituye el 90 % del universo (todavía no sabemos qué es), la identificación del agujero negro más próximo, la extraña conjetura de que las distancias entre galaxias están cuantizadas (es decir, que se encuentran a ciertas distancias y sus múltiplos, pero no a distancias intermedias), la naturaleza de las explosiones de rayos gamma (donde episódicamente estallan los equivalentes de sistemas solares enteros), la aparente paradoja de que la edad del universo pueda ser inferior a la de las estrellas más viejas (probablemente resuelta por la reciente conclusión, a partir de datos del telescopio espacial Hubble, de que el universo tiene 15.000 millones de años), la investigación en laboratorios terrestres de muestras cometarias, la búsqueda de aminoácidos interestelares y la naturaleza de las primeras galaxias.

A no ser que se produzcan grandes reducciones en los fondos destinados en todo el mundo a la astronomía y la exploración espacial —funesta posibilidad en modo alguno impensable— he aquí cuatro cuestiones extraordinariamente prometedoras\*:

**1. ¿Existió vida en Marte?** El planeta Marte es hoy un desierto helado y muerto. Pero en toda su superficie se conservan antiguos valles de origen claramente fluvial. Hay también indicios de antiguos lagos y quizás hasta océanos. Basándose en la abundancia de cráteres, cabe hacer una estimación aproximada del tiempo transcurrido desde que Marte dejó de ser cálido y húmedo. (El método ha sido calibrado a partir de los cráteres de la Luna y la datación radiactiva de las vidas medias de elementos presentes en muestras lunares traídas por los astronautas del proyecto *Apolo*.) La respuesta es 4.000 millones de años. Pero ésa es precisamente la época en que surgió la vida en la Tierra. ¿Es posible que hubiera dos planetas cercanos y de ambientes muy semejantes, pero que la vida sólo surgiera en uno de ellos? ¿O quizás evolucionó la vida también en Marte, sólo para extinguirse cuando el clima cambió de manera misteriosa? ¿O bien siguen existiendo oasis o refugios, quizá bajo la superficie, en los que persiste alguna forma de vida marciana? Marte nos plantea dos enigmas fundamentales: la posible existencia de vida pasada o presente, y la razón de que un planeta similar a la Tierra haya quedado aprisionado en una glaciación permanente. Esta última cuestión podría tener un interés práctico para el ser humano, una especie que se dedica afanosamente a explotar su propio entorno con un conocimiento muy pobre de las consecuencias de sus acciones.

Cuando el *Viking* se posó sobre Marte en 1976, husmeó la atmósfera y detectó muchos de los gases presentes en la atmósfera terrestre —dióxido de carbono, por ejemplo— y una carencia de otros que son predominantes en nuestro planeta, como el ozono. Más aún, se determinó su composición isotópica y, en muchos casos, resultó ser diferente de la de la atmósfera terrestre. Habíamos descubierto la signatura de la atmósfera marciana.

Se divulgó entonces un hecho curioso. En la capa de hielo antártico, sobre las nieves congeladas, se habían descubierto meteoritos (rocas procedentes del espacio), algunos antes de la época del *Viking*; otros, después. Todos habían caído en la Tierra antes de la misión *Viking*, en algunos casos hace decenas de miles de años. No fue difícil localizarlos en el blanco casquete helado de la Antártida. En su mayor parte fueron enviados a lo que durante el proyecto *Apolo* había sido el Laboratorio de Recepción Lunar de Houston.

Por entonces el presupuesto de la NASA estaba muy menguado, y durante años aquellos meteoritos no merecieron siquiera un vistazo preliminar. Unos cuantos resultaron ser fragmentos lunares lanzados al espacio por un meteorito o cometa que chocó contra nuestro satélite. Uno o dos procedían de Venus. Lo más sorprendente fue que varios de ellos, a juzgar por la signatura atmosférica impresa en sus minerales, eran originarios de Marte.

En 1995-1996, científicos del Centro Johnson de Vuelos Espaciales de la NASA estudiaron por fin

---

\* En el capítulo siguiente hablaré de una quinta.

uno de los meteoritos —el ALH84001— de procedencia marciana. No parecía en modo alguno extraordinario; tenía todo el aspecto de una patata pardusca. Al examinar su microquímica se descubrieron ciertas especies moleculares orgánicas, principalmente hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP). No se trata de moléculas especialmente notables; su fórmula estructural se asemeja a los azulejos hexagonales de un cuarto de baño, y poseen un átomo de carbono en cada vértice. Se han detectado tanto en meteoritos ordinarios como en el polvo interestelar, y se sospecha su presencia en Júpiter y en Titán. De ninguna manera son indicio de vida. Ahora bien, los HAP del meteorito antártico estaban en la matriz de la roca y no sólo en la superficie, lo que indicaba que no se trataba de contaminación por polvo terrestre (o por los gases de escape de los automóviles) sino que eran intrínsecos. Si bien la presencia de HAP en meteoritos incontaminados no implica vida, también se encontraron minerales a veces asociados con ésta. El descubrimiento más sorprendente, sin embargo, fue el de lo que algunos científicos denominan nanofósiles, pequeñas esferas conectadas de un modo que recuerda las colonias bacterianas terrestres. Ahora bien, ¿podemos tener la seguridad de que no hay minerales terrestres o marcianos que tengan formas similares? ¿Es suficiente la evidencia? Respecto de los ovnis, he recalado durante años que las afirmaciones extraordinarias requieren evidencias extraordinarias. La evidencia de vida en Marte aún no lo es.

Se trata, no obstante, de un punto de partida que nos remite a otros meteoritos marcianos y a otras partes de éste en concreto. Sugiere asimismo la búsqueda en los bancos de hielo antárticos de meteoritos de naturaleza diferente. Nos indica que debemos investigar no sólo las rocas marcianas profundamente enterradas, sino también las más superficiales. Nos impulsa a reconsiderar los enigmáticos resultados de los experimentos biológicos del *Viking*, algunos de los cuales llevaron a unos pocos científicos a anunciar la presencia de vida. Nos anima a enviar naves espaciales a zonas específicas de Marte que podrían haber sido las últimas en enfriarse y desecarse. Se abre así todo un nuevo campo: el de la exobiología marciana.

Si tuviésemos la inmensa suerte de hallar un simple microbio en Marte, se daría la maravillosa circunstancia de dos planetas próximos que habrían albergado vida en la misma era arcaica. Es verdad que la vida pudo ser transportada de un mundo a otro por el impacto de un meteorito y no haberse originado de manera independiente. Podríamos comprobarlo examinando la química orgánica y la morfología de las formas de vida que descubramos. Tal vez la vida surgió en uno de los dos planetas, pero evolucionó separadamente en ambos. Nos hallaríamos entonces ante un ejemplo de varios miles de millones de años de evolución independiente, un tesoro biológico inaccesible por cualquier otra vía.

Si tenemos aún más suerte, hallaremos formas de vida realmente independientes. ¿Estará su material genético compuesto de ácidos nucleicos? ¿Poseerán un metabolismo basado en proteínas? ¿Qué código genético emplearán? Sean cuales fueren las respuestas a estas preguntas, la ciencia biológica entera saldrá ganando, pues en cualquier caso la implicación sería que la vida podría estar mucho más difundida de lo que la mayoría de los científicos creía. Con objeto de establecer una base sobre la que responder a estos interrogantes, muchas naciones están elaborando ambiciosos planes para enviar a Marte en las próximas décadas satélites robóticos, vehículos todo terreno, una nave capaz de penetrar el subsuelo y, hacia el 2005, una misión robotizada que traiga a la Tierra muestras de la superficie y el subsuelo marcianos.

**2. ¿Es Titán un laboratorio para el estudio del origen de la vida?** Titán es la gran luna de Saturno, un mundo extraordinario con una atmósfera diez veces más densa que la de la Tierra, constituida principalmente por nitrógeno (como aquí) y metano (CH<sub>4</sub>). Las dos naves espaciales norteamericanas *Voyager* detectaron cierto número de moléculas orgánicas simples en su atmósfera (compuestos de carbono implicados en el origen de la vida en la Tierra). Este satélite se halla rodeado por una brumosa capa rojiza de propiedades idénticas a las de un sólido rojo parduzco creado en el laboratorio tras proporcionar energía a una atmósfera simulada de Titán. Al analizar la composición de ese material, encontramos muchos de los constituyentes esenciales de la vida en la Tierra. Dada la distancia a que Titán se halla del Sol, el agua que pueda haber allí tiene que estar congelada; uno puede pensar, pues, que no es comparable con la Tierra en la época en que apareció la vida en ella, pero los impactos cometarios ocasionales son capaces de fundir la superficie helada y, según parece, a lo largo de su historia de 4.500 millones de años cualquier punto de Titán ha permanecido bajo el agua durante más o menos un milenio por término medio. En el año 2004 la nave *Cassini* de la NASA llegará al sistema de Saturno transportando la sonda *Huygens*, construida por la Agencia Espacial Europea, la cual se hundirá

lentamente en la atmósfera del gran satélite hasta alcanzar su enigmática superficie. Quizá sepamos entonces hasta dónde ha llegado Titán por el sendero de la vida.

**3. ¿Hay vida inteligente en algún otro lugar?** Las ondas de radio se desplazan a la velocidad de la luz. Nada viaja más deprisa. Con la frecuencia adecuada atraviesan limpiamente el espacio interestelar y las atmósferas planetarias. Si el mayor radiotelescopio terrestre apuntase a un dispositivo equivalente en un planeta de otra estrella, aun separados por miles de años luz, ambos instrumentos podrían escucharse mutuamente. Por todas estas razones estamos utilizando radiotelescopios para ver si alguien intenta enviarnos un mensaje. Hasta ahora no hemos encontrado nada seguro, pero se han registrado «sucesos» asombrosos, señales que satisfacen todos los criterios para afirmar que son producto de una inteligencia extraterrestre, menos uno: minutos, meses o años más tarde, volvemos a dirigir el telescopio al mismo sector del cielo y la señal nunca se repite. El programa de búsqueda no ha hecho más que comenzar. Una exploración verdaderamente concienzuda exigirá una o dos décadas. Si al final se encuentra inteligencia extraterrestre, cambiará para siempre nuestra visión del universo y de nosotros mismos, y si no hallamos nada tras una búsqueda larga y sistemática, quizá podamos calibrar mejor la rareza y el valor de la vida en la Tierra. En cualquier caso, es indudable que la exploración vale la pena.

**4. ¿Cuál es el origen y el destino del universo?** Para nuestro asombro, la astrofísica moderna está a punto de llegar a revelaciones fundamentales sobre el origen, la naturaleza y el destino del universo. Sabemos que éste se expande: todas las galaxias se alejan unas de otras en lo que se conoce como flujo de Hubble, uno de los tres testimonios principales de la enorme explosión que originó el universo (o al menos su encarnación presente). La gravedad de la Tierra es suficiente para hacer volver una piedra lanzada al aire, pero no un cohete a la velocidad de escape. Lo mismo es aplicable al universo: si contiene gran cantidad de materia, la gravedad ejercida por ésta acabará por frenar la expansión, y el universo en expansión se transformará en un universo en contracción; si no hay materia suficiente, la expansión proseguirá de manera indefinida. La cantidad estimada de materia presente en el universo no basta para frenar la expansión, pero hay razones para pensar que podría haber una enorme cantidad de materia oscura que no delataría su presencia emitiendo luz en beneficio de los astrónomos. Si la expansión del universo resulta ser sólo temporal, dejará paso en definitiva a un universo en contracción; de ser así, el universo podría pasar por un número infinito de expansiones y contracciones y ser infinitamente viejo. Un universo así no necesita haber sido creado. Siempre ha estado ahí. Por otro lado, si no bastase la materia existente para invertir la expansión, este hecho resultaría coherente con la idea de un universo creado de la nada. Éstas son cuestiones profundas y difíciles que cada cultura humana ha tratado de abordar a su manera, pero sólo ahora tenemos expectativas reales de encontrar algunas de las respuestas, y no por medio de suposiciones o historias, sino a través de observaciones auténticas, repetibles y comprobables.

Creo que existe una posibilidad razonable de que en la próxima década o la siguiente surjan revelaciones asombrosas en estos cuatro campos. Repito que hay muchas otras cuestiones en la astronomía moderna por las que pudiera haber optado, pero la predicción que puedo hacer ahora con seguridad plena es que los descubrimientos más sorprendentes serán aquellos que hoy ni siquiera podemos prever.

## 6. TANTOS SOLES, TANTOS MUNDOS

¡Qué maravilloso y sorprendente esquema tenemos aquí de la magnífica inmensidad del universo! ¡Tantos soles [...] tantas tierras...!

Christian Huygens,

*Nuevas conjeturas concernientes*

*a. los mundos planetarios,*

*sus habitantes y producciones* (h. 1670)

En diciembre de 1995, una sonda espacial desprendida de la nave *Galileo* entró en la turbulenta y agitada atmósfera de Júpiter camino de su destrucción, pero alcanzó a transmitir información de lo que observaba mientras descendía. Cuatro naves anteriores habían examinado el planeta al cruzar por sus cercanías. Júpiter también había sido estudiado con telescopios emplazados en tierra y en el espacio. A diferencia de nuestro planeta, constituido principalmente por rocas y metales, Júpiter es sobre todo hidrógeno y helio, y su tamaño es tal que podría albergar un millar de Tierras. A grandes profundidades, la presión atmosférica es tan alta que los átomos pierden electrones y el hidrógeno se convierte en un metal caliente. Se considera que ésta es la razón de que Júpiter emita el doble de energía de la que recibe del Sol. Los vientos que sacudieron la sonda *Galileo* a la máxima profundidad que alcanzó probablemente no se debían a la luz solar, sino a la energía originada en el interior del planeta. En el centro mismo de Júpiter parece existir una masa de roca y hierro muchas veces mayor que la Tierra, rodeada por un inmenso océano de hidrógeno y helio. Llegar hasta el hidrógeno metálico —y mucho menos aún al núcleo rocoso— está más allá de la capacidad humana, al menos durante los próximos siglos o, quizá, milenios.

En el interior de Júpiter las presiones son tan grandes que es difícil imaginar que allí haya vida, por muy diferente que fuese de la nuestra. Unos cuantos científicos, yo entre ellos, hemos tratado de imaginar, sólo como distracción, una ecología capaz de evolucionar en la atmósfera de un planeta semejante a Júpiter, algo como los microbios y peces de los océanos terrestres. El origen de la vida puede ser difícil en semejante ambiente, pero ahora sabemos que los impactos de asteroides y cometas transfieren material superficial de unos mundos a otros, y hasta puede que algunos impactos en la historia arcaica de la Tierra trasladasen nuestra vida primigenia a Júpiter. Todo esto es, sin embargo, mera especulación.

Júpiter se encuentra a unas cinco unidades astronómicas del Sol. Una unidad astronómica (UA) es la distancia que separa la Tierra del Sol, unos 150 millones de kilómetros. Si no fuese por el calor interno y el efecto invernadero de la inmensa atmósfera joviana, las temperaturas serían allí del orden de 160 grados bajo cero, como efectivamente ocurre en la superficie de los satélites de Júpiter, lo que hace que la vida en ellos sea imposible.

Júpiter y la mayor parte de los otros planetas giran en torno al Sol en el mismo plano, como si estuviesen situados en surcos distintos de un disco de vinilo o compacto. ¿Por qué ocurre esto? ¿Por qué los planos orbitales no se inclinan en todos los ángulos? Isaac Newton, el genio matemático que comprendió antes que nadie cómo la gravedad determina los movimientos planetarios, se mostró sorprendido ante la ausencia de variación en los planos orbitales de los planetas y decidió que tuvo que ser Dios quien, al crear el Sistema Solar, situara todos los planetas en órbitas coplanarias.

Sin embargo, el matemático Pierre Simón, marqués de Laplace, y más tarde el famoso filósofo Immanuel Kant descubrieron cómo explicar este hecho sin necesidad de recurrir a la intervención divina. Irónicamente, se basaron en las leyes descubiertas por Newton. El razonamiento es como sigue: imaginemos una nube interestelar de gas y polvo en lenta rotación. Hay muchas nubes de este estilo. Si la densidad es lo bastante alta, la atracción gravitatoria mutua entre las partículas de la nube se impondrá al movimiento aleatorio interno y la nube comenzará a contraerse, con lo que cada vez girará más deprisa, como un patinador que cruza los brazos. El giro no retardará el colapso de la nube a lo largo del eje de rotación, pero sí en el plano principal de rotación. La nube, en principio irregular, acaba convirtiéndose en un disco. Así, los planetas formados a partir de este disco girarán aproximadamente en el mismo

plano, sin intervención sobrenatural alguna valiéndose únicamente de las leyes de la física.

Ahora bien, una cosa es proponer la existencia de esa nube en forma de disco previa a la formación de los planetas y otra muy distinta verificarla observando directamente discos análogos en torno de diferentes estrellas. Cuando se descubrieron otras galaxias espirales como la Vía Láctea, Kant pensó que eran los discos protoplanetarios que había concebido, con lo que quedaba confirmada la «hipótesis nebular» (del latín *nébula*, nube). Pero estas formas espirales demostraron ser galaxias remotas repletas de estrellas, en lugar de criaderos próximos de astros y planetas. Los discos circunestelares no iban a ser tan fáciles de localizar.

La hipótesis nebular no fue confirmada hasta más de un siglo después mediante el empleo de observatorios espaciales. Cuando estudiamos estrellas jóvenes como era nuestro Sol hace 4.000 o 5.000 millones de años, descubrimos que más de la mitad se hallan rodeadas de discos planos de polvo y gas. En muchos casos, las regiones más próximas a la estrella aparecen vacías de ellos, como si ya se hubiesen formado planetas que han absorbido la materia interplanetaria. No se trata de una prueba concluyente, pero sugiere que con frecuencia, si no siempre, estrellas como la nuestra están acompañadas de planetas. Tales descubrimientos hacen pensar que el número de éstos en la Vía Láctea puede ser del orden de miles de millones.

¿Y qué decir de la detección directa de otros planetas? Ciertamente que las estrellas están muy lejos — la más próxima a casi un millón de UA— y que de los planetas sólo es posible ver el reflejo, pero nuestra tecnología progresa a pasos agigantados. ¿No deberíamos ser capaces de detectar por lo menos algún primo grande de Júpiter en la vecindad de una estrella cercana, quizás en la banda infrarroja ya que no en la visible?

En los últimos años hemos entrado en una nueva era de la historia humana, pues ya estamos en condiciones de detectar planetas de otras estrellas. El primer sistema planetario fiable descubierto está asociado a un astro de lo más improbable: la estrella B 1257 + 12. Se trata de una estrella de neutrones de rotación rápida, vestigio de un astro antaño mayor que el Sol que estalló en la colosal explosión de una supernova. El campo magnético de esta estrella captura electrones y los obliga a seguir trayectorias tales que, como un faro, emiten un haz de ondas de radio a través del espacio interestelar. Por casualidad, este haz intercepta la Tierra una vez cada 0,0062185319388187 segundos (de ahí el nombre de «pulsar» con que se conoce este tipo de estrellas). La constancia de su periodo de rotación es asombrosa. En razón de la elevada precisión de las mediciones, Alex Wolszczan, ahora en la Universidad de Pennsylvania, logró hallar fluctuaciones en los últimos decimales. ¿Cuál era la causa? ¿Quizá seísmos estelares u otros fenómenos de la propia estrella? A lo largo de los años el periodo ha variado precisamente en la forma que se esperaría que lo hiciese de haber planetas en torno a B 1257 + 12. La coincidencia con los cálculos matemáticos es tan exacta que se impone una conclusión: Wolszczan ha descubierto los primeros planetas conocidos más allá del Sol. Es más, sabemos que no se trata de planetas grandes del tamaño de Júpiter. Dos son, probablemente, sólo un poco mayores que la Tierra, y giran en torno de su estrella a distancias no demasiado diferentes de la que separa nuestro planeta del Sol. ¿Cabe esperar que exista vida en alguno de ellos? Por desgracia, la estrella de neutrones despidе un viento de partículas cargadas que debe elevar la temperatura de estos planetas más allá del punto de ebullición del agua. Estando como está a 1.300 años luz de distancia, no vamos a viajar pronto a este sistema. Es por ahora un misterio si estos planetas sobrevivieron a la explosión de la supernova que dio origen al pulsar o se formaron a partir de los restos del cataclismo.

Poco después del excepcional descubrimiento de Wolszczan, se encontraron más objetos de masa planetaria (principalmente gracias al trabajo de Geoff Marcy y Paul Butler, de la Universidad Estatal de San Francisco) girando alrededor de otras estrellas, en este caso astros corrientes como el Sol. La técnica utilizada fue diferente y de aplicación mucho más difícil. Estos planetas fueron detectados observando los cambios periódicos en los espectros de estrellas próximas mediante telescopios ópticos convencionales. En ocasiones una estrella se desplaza por un tiempo hacia nosotros y luego se aleja, como se puede comprobar por los cambios en las longitudes de onda de sus líneas espectrales (es el llamado efecto Doppler), semejante al cambio en la frecuencia del claxon de un coche cuando se aproxima a nosotros y luego se aleja. Algún cuerpo invisible tira de la estrella. Una vez más, un mundo oculto se revela en virtud de una coincidencia con un cálculo teórico (entre los ligeros movimientos periódicos observados en la estrella y lo que uno esperaría si hubiera un planeta girando en torno a ella).

Se han detectado planetas que giran alrededor de las estrellas 51 Pegasi, 70 Virginis y 47 Ursae Majoris, en las constelaciones de Pegaso, Virgo y la Osa Mayor respectivamente. En 1995 se descubrieron también planetas alrededor de la estrella 55 Cancri, en la constelación del Cangrejo. Tanto 47 Ursae Majoris como 70 Virginis son visibles a simple vista en los anocheceres de primavera, lo que significa que están muy cerca en términos astronómicos. Las masas de sus planetas parecen oscilar desde un poco menos que la de Júpiter a varias veces la de éste. Más sorprendente resulta lo cerca que están de sus estrellas: de 0,05 UA en el caso de 51 Pegasi, a poco más de 2 UA en el de 47 Ursae Majoris. Es posible que estos sistemas también contengan planetas más pequeños semejantes a la Tierra y aún no descubiertos, pero su situación es distinta. En el sistema solar, los planetas pequeños como la Tierra se hallan en el interior y los planetas grandes como Júpiter en el exterior. En esas cuatro estrellas, los planetas de mayor masa parecen estar en el interior. Nadie comprende cómo puede ser esto. Ni siquiera sabemos si se trata de planetas verdaderamente jovianos, con inmensas atmósferas de hidrógeno y helio, hidrógeno metálico en profundidad y un núcleo parecido a la Tierra. Lo que sí sabemos es que la atmósfera de un planeta joviano no tiene por qué dispersarse aun a una distancia tan corta de su estrella. No parece plausible que tales planetas se constituyeran en la periferia de sus sistemas solares y luego, de alguna forma, se acercasen a sus estrellas. Ahora bien, podría ser que algunos planetas primitivos masivos se viesen frenados por el gas nebuloso y cayesen en espiral hasta una órbita interior. La mayoría de los expertos sostiene que no es posible que se forme un planeta como Júpiter tan cerca de una estrella. ¿Por qué no? Lo que sabemos acerca del origen de Júpiter es más o menos lo siguiente: en las regiones externas del disco nebuloso, donde las temperaturas eran muy bajas, se condensaron planetoides de hielo y roca semejantes a los cometas y las lunas heladas de la periferia de nuestro sistema solar. Estos asteroides helados comenzaron a chocar a escasa velocidad, se fueron agregando y poco a poco constituyeron una masa lo bastante grande para atraer gravitatoriamente el hidrógeno y el helio de la nube, creando un Júpiter de dentro a afuera. En contraste, se estima que en un principio cerca de la estrella las temperaturas nebulares eran demasiado altas para que hubiese hielo, lo que hizo que se malograra el proceso. Pero me pregunto si algunos discos nebulares podrían estar por debajo del punto de congelación incluso muy cerca de la estrella local.

En cualquier caso, con planetas de masa semejante a la de la Tierra en torno de un pulsar y cuatro nuevos planetas jovianos girando muy cerca de estrellas similares al Sol, está claro que no podemos tomar nuestro sistema solar como modelo. Esto es clave si alentamos alguna esperanza de construir una teoría general del origen de los sistemas planetarios: ahora tiene que abarcar una diversidad de ellos.

En fecha todavía más reciente se ha empleado una técnica denominada astrometría para detectar dos, y posiblemente tres, planetas como la Tierra en torno de una estrella muy cercana al Sol, Lalande 21185. En este caso se disponía de un registro minucioso de los movimientos del astro a lo largo de muchos años, que ha servido para estudiar detenidamente el retroceso causado por la posible existencia de planetas. Aquí tenemos un sistema planetario que parece pertenecer a la misma familia que el nuestro, o al menos a una cercana. Parece haber, pues, dos y quizá más categorías de sistemas planetarios en el espacio interestelar adyacente.

En cuanto a la probabilidad de que haya vida en esos mundos jovianos, no resulta más factible que en nuestro propio Júpiter. Sin embargo, es concebible que esos astros posean satélites a semejanza de las 16 lunas jovianas. Como estas otras lunas se hallarían cerca de la estrella local, sus temperaturas, sobre todo en 70 Virginis, podrían ser favorables para la vida. A una distancia de 35 a 40 años luz, esos planetas están lo bastante cerca para que empecemos a soñar con enviar algún día una nave espacial ultrarrápida que los estudie y remita los datos obtenidos a nuestros descendientes.

Mientras tanto, está surgiendo un abanico de nuevas técnicas. Además del registro de las fluctuaciones del periodo de los pulsares y de las mediciones por efecto Doppler de las velocidades radiales de las estrellas, los interferómetros en tierra o, mejor aún, en el espacio, los telescopios terrestres que eliminan la turbulencia atmosférica, las observaciones que aprovechan el efecto de lente gravitatoria de objetos masivos lejanos y las medidas precisas hechas desde el espacio del ofuscamiento de una estrella por la interposición de un planeta, parecen técnicas susceptibles de proporcionar resultados significativos en los próximos años. Estamos ahora a punto de iniciar la investigación de millares de estrellas cercanas, a la búsqueda de sus compañeros. Considero probable que en unas cuantas décadas tengamos

información sobre centenares de sistemas planetarios cercanos en la vasta Vía Láctea, y quizás incluso referente a algunos pequeños mundos azules, agraciados con océanos de agua, atmósferas de oxígeno y los signos reveladores de una vida maravillosa.



*segunda parte ¿QUÉ CONSERVAN LOS CONSERVADORES?*

## 7. EL MUNDO QUE LLEGÓ POR CORREO

¿El mundo? Gotas iluminadas

por la luna y caídas

del pico de una grulla.

DOGEN (1200-1253),

«Wake on Impermanence», de Lucien Stryk y Takashi Ikemoto,

*Zen Poems of Japan: The Crane's Bill*

(Nueva York, Grove Press, 1973)

El mundo llegó por correo, con la indicación de «frágil». En el envoltorio había una pegatina que mostraba una copa rajada. Lo abrí con cuidado, temiendo oír el sonido de cristales rotos o encontrar un fragmento de vidrio, pero estaba intacto. Lo tomé con las manos y lo alcé a la luz del sol. Era una esfera transparente medio llena de agua. Tenía adherido, de modo apenas perceptible, el número 4210. Mundo número 4210. Había, pues, muchos mundos como aquél. Lo deposité con cuidado en la base de lucita que lo acompañaba.

Observé que allí había vida: ramas entrecruzadas, algunas cubiertas con filamentos de algas verdes, y seis u ocho pequeños animales, casi todos de color rosado, retozando, o así me lo parecía, entre las ramas. Había además centenares de otros seres, tan abundantes en aquella agua como los peces en los océanos de la Tierra; pero se trataba de microbios, todos demasiado pequeños para distinguirlos a simple vista. Los animales rosados eran, sin duda, crustáceos de alguna variedad común. Llamaban la atención de inmediato porque se mostraban muy atareados. Unos pocos se habían posado en las ramas y avanzaban con sus diez patas, agitando muchos otros apéndices. Uno consagraba toda su atención, y un considerable número de extremidades, a comer un filamento verde. Entre las ramas, envueltas por algas como el musgo negro cubre los árboles en Georgia y el norte de Florida, se movían otros crustáceos como si tuvieran citas urgentes a las que acudir. A veces, cuando pasaban de un entorno a otro, cambiaban de color. Uno era pálido, casi transparente; otro anaranjado, y parecía mostrar un tímido sonrojo.

Como es natural, en algunos aspectos diferían de nosotros. Sus esqueletos eran externos, podían respirar en el agua y, cosa sorprendente, cerca de la boca tenían una especie de ano. (Se preocupaban mucho, sin embargo, de su aspecto y su limpieza, a la que se aplicaban con un par de pinzas provistas de cerdas semejantes a cepillos; de vez en cuando alguno se restregaba a conciencia.)

Pero en otros aspectos saltaba a la vista que eran como nosotros. Poseían un cerebro, un corazón, sangre y ojos. El modo en que agitaban sus apéndices natatorios para impulsarse por el agua revelaba un claro propósito. Al llegar a su destino tomaban los filamentos de las algas con la precisión, la delicadeza y la diligencia de un verdadero *gourmet*. Dos de ellos, más osados que los demás, vagaban por el océano de aquel mundo, nadando muy por encima de las algas mientras observaban lánguidamente su feudo.

Al cabo de poco tiempo ya podía identificar a cada individuo. Un crustáceo comenzó a mudar y se despojó del viejo esqueleto para dejar paso a uno nuevo. Después, aquella cosa transparente similar a un sudario quedó colgada rígidamente de una rama mientras su antiguo ocupante reanudaba la actividad con un caparazón nuevo y pulido. A otro le faltaba una pata. ¿Producto de un combate de garras contra garras, quizá por el afecto de una espléndida belleza virgen?

Desde ciertos ángulos, la parte superior del agua actuaba como un espejo, y un crustáceo veía su propio reflejo. ¿Sería capaz de reconocerse? Lo más probable es que viese un crustáceo más. Desde otros ángulos, el grosor del cristal curvo los agrandaba, lo que permitía distinguir cómo eran realmente. Advertí, por ejemplo, que tenían bigotes. Dos de ellos subieron a la superficie e, incapaces de romper la tensión de ésta, rebotaron. Luego, enhiestos, y un poco sorprendidos, imagino, se dejaron caer con suavidad hacia el fondo, entrecruzando despreocupadamente las extremidades, o así parecía, como si la hazaña fuese rutinaria y no mereciera la pena hablar de

ello. Imperturbables.

Me figuraba que si yo era capaz de ver claramente un crustáceo a través del cristal curvo, él también podría verme a mí, o al menos distinguir el gran disco negro, con una corona parda y verde, de mi ojo. En ocasiones, cuando observaba alguno agitarse entre las algas, era como si se detuviera y se volviese para mirarme. Habíamos establecido un contacto visual. Me preguntaba qué creería estar viendo.

Al cabo de uno o dos días de permanecer sumido en mi trabajo, desperté y eché una mirada al mundo de cristal... Todos los crustáceos parecían haberse esfumado.

No se me había dicho que los alimentara, les diese vitaminas, les cambiara el agua o los llevase al veterinario. Todo lo que tenía que hacer era asegurarme que no sufrieran un exceso de luz ni pasaran demasiado tiempo en la oscuridad, y de que estuviesen siempre a temperaturas comprendidas entre 5 °C y 30 °C (además, en ningún momento consideré que aquello fuese un ecosistema, sino poco más que una sopa de camarones). ¿Los habría dejado morir por desidia? De pronto vi asomar una antena por detrás de una rama y comprobé que se encontraban bien. Aun cuando sólo fuesen crustáceos yo no podía evitar sentirme preocupado, inquieto por ellos.

Si uno se hace cargo de un pequeño mundo como aquél y se ocupa de controlar a conciencia su temperatura e iluminación, entonces —sea lo que fuere lo que tuviese antes en mente— llega a interesarse por lo que hay dentro. No es mucho lo que puede hacerse, sin embargo, si los crustáceos enferman o mueren. En ciertos aspectos somos mucho más poderosos que ellos, pero hacen cosas —como respirar en el agua— que nosotros no podemos. Uno se siente limitado, lastimosamente limitado. Incluso se pregunta si no será una crueldad tenerlos en esa prisión de cristal, pero se tranquiliza pensando que al menos ahí están a salvo de las ballenas, de las mareas negras y de las bandejas de aperitivos.

Los fantasmales caparazones desechados en las mudas y el infrecuente cuerpo de un crustáceo muerto no perduran por demasiado tiempo. Son comidos, en parte por otros crustáceos, en parte por microorganismos invisibles que pululan en el mundo que habitan. Esto nos recuerda que estos seres no son autosuficientes. Se necesitan los unos a los otros. Se cuidan mutuamente, de un modo que yo soy incapaz de hacer por ellos. Los crustáceos toman oxígeno del agua y exhalan dióxido de carbono. Las algas toman dióxido de carbono del agua y exhalan oxígeno. Unos respiran los gases de desecho de los otros. Asimismo, sus residuos sólidos se reciclan entre plantas, animales y microorganismos. Los habitantes de este pequeño edén mantienen una relación extremadamente íntima.

La existencia de un camarón es mucho más tenue y precaria que la de otros seres. Las algas pueden vivir mucho más tiempo sin el camarón que éste sin ellas. Estos pequeños crustáceos comen algas, pero las algas comen principalmente luz.

Pasado un tiempo —hasta ahora ignoro por qué— los camarones empezaron a morir, uno tras otro, y llegó por fin el momento en que sólo quedó uno, mordisqueando tristemente un filamento de alga, hasta que también él murió. Un tanto sorprendido, advertí que me dolía su desaparición. Supongo que en parte se debía a que había llegado a conocerlos un poco. Pero por otra parte, lo sabía, era porque temía un paralelismo entre su mundo y el nuestro.

A diferencia de un acuario, aquel pequeño mundo era un sistema ecológico cerrado. Sólo penetraba en él la luz (nada de alimentos, ni de agua, ni de nutrientes). Todo debía ser reciclado. Exactamente igual que en la Tierra.

En este planeta, también nosotros —plantas, animales y microorganismos— somos interdependientes, respiramos y comemos los desechos de otros. Del mismo modo, la vida en nuestro mundo está impulsada por la luz. Esa luz solar que atraviesa el aire transparente es recogida por las plantas y les proporciona la energía para, combinando el dióxido de carbono y el agua, producir hidratos de carbono y otras sustancias alimenticias, que a su vez constituyen la dieta de los animales.

Nuestro gran mundo es muy semejante a aquél en miniatura, y de hecho nos parecemos mucho al camarón. Pero existe al menos una notable distinción: a diferencia del crustáceo, el ser humano es capaz de alterar el medio ambiente. Podemos hacer con nosotros mismos lo que un propietario negligente podría hacer con los crustáceos. Si no tenemos cuidado, es posible que

calentemos el planeta a través del efecto invernadero, o bien que lo enfriemos y oscurezcamos tras una guerra nuclear o el incendio masivo de los campos petrolíferos (o por hacer caso omiso del riesgo que supone el impacto de un asteroide o de un cometa). Con la lluvia ácida, la disminución del ozono, la contaminación química, la radiactividad, la tala de los bosques tropicales y una docena más de otras agresiones al entorno, estamos empujando este pequeño mundo hacia vías apenas conocidas. Nuestra civilización pretendidamente avanzada puede estar alterando el delicado equilibrio ecológico que ha evolucionado tortuosamente a lo largo de los 4.000 millones de años de existencia de la vida en la Tierra.

Los crustáceos como *el* camarón son mucho más viejos que los hombres, los primates e incluso los mamíferos. La aparición de las algas —muy anterior a la de los animales— se remonta a 3.000 millones de años. Durante largo tiempo todos —plantas, animales y microbios— han trabajado juntos.

La disposición de los organismos en mi esfera de cristal es antigua, muchísimo más que cualquier institución cultural que conozcamos. La inclinación a cooperar es un hecho dolorosamente conseguido a través del proceso evolutivo. Los organismos que no cooperaron, que no trabajaron codo con codo, acabaron por extinguirse. La cooperación está codificada en los genes de los supervivientes. Su naturaleza es cooperar, y esto constituye la clave de su supervivencia.

Los seres humanos somos unos recién llegados, estamos aquí desde hace apenas unos pocos millones de años. Nuestra presente civilización técnica cuenta tan sólo unos cuantos siglos. No tenemos demasiada experiencia reciente en lo que se refiere a cooperación voluntaria entre especies (ni siquiera dentro de la propia). Nos hemos consagrado a tareas a corto plazo y apenas pensamos a largo plazo. No hay ninguna garantía de que seamos capaces de entender nuestro sistema ecológico planetario cerrado o de cambiar de conducta en consonancia con ese conocimiento.

Nuestro planeta es indivisible. En Norteamérica respiramos el oxígeno generado en las selvas ecuatoriales brasileñas. La lluvia ácida emanada de las industrias contaminantes del Medio Oeste de Estados Unidos destruye los bosques canadienses. La radiactividad de un accidente nuclear en Ucrania pone en peligro la economía y la cultura de Laponia. El carbón quemado en China eleva la temperatura en Argentina. Los clorofluorocarbonos que despiden un acondicionador de aire en Terranova contribuyen al desarrollo del cáncer de piel en Nueva Zelanda. Las enfermedades se propagan rápidamente a los más remotos rincones del planeta, y su erradicación requiere un esfuerzo médico global. Por último, la guerra nuclear y el impacto de un asteroide suponen un peligro no desdeñable para todos. Nos guste o no, los seres humanos estamos ligados a nuestros semejantes y a las plantas y animales de todo el mundo. Nuestras vidas están entrelazadas.

Dado que no hemos sido dotados de un conocimiento instintivo sobre el modo de convertir nuestro mundo tecnificado en un ecosistema seguro y equilibrado, debemos deducir la manera de conseguirlo. Necesitamos más investigación científica y más control tecnológico. Probablemente sea un exceso de optimismo confiar en que algún gran Defensor del Ecosistema vaya a intervenir desde el cielo para enderezar nuestros abusos ambientales. Es a nosotros a quienes corresponde hacerlo.

No tendría por qué ser imposible. Las aves —cuya inteligencia tendemos a subestimar— saben cómo mantener limpio su nido. Otro tanto puede decirse de los camarones, cuyo cerebro tiene el tamaño de una mota de polvo, y de las algas, y de los microorganismos unicelulares. Es tiempo de que también nosotros lo sepamos.

## 8. EL MEDIO AMBIENTE: ¿DÓNDE RADICA LA PRUDENCIA?

Este nuevo mundo puede ser más seguro si se le explican los peligros de los males del antiguo

John Donne,

*An Anatomic of the World.*

*The First Anniversary* (1611)

Hay un determinado momento del ocaso en que la estela los aviones cobra un tono rosado. Si el cielo está libre de nubes, su contraste con el azul circundante es inesperadamente maravilloso. El Sol ya se ha puesto y en el horizonte resta un resplandor bermejo que indica por dónde se ha ocultado.

Pero el reactor vuela tan alto que sus ocupantes todavía pueden ver el Sol, por completo rojo antes de ponerse. El agua que sale de sus motores se condensa de inmediato. A las temperaturas gélidas de tales alturas, cada motor deja atrás una estela lineal semejante a una nube, iluminada por los rojizos rayos del Sol en su ocaso.

A veces se entrecruzan las estelas de varios aviones, trazando en el cielo una especie de escritura. Cuando los vientos son altos, las estelas se dispersan pronto, y en vez de una fina línea surge una vaga tracería, larga, difusa e irregular que se disipa en cuanto uno la contempla. Si observamos la estela recién formada, a menudo podremos ver el minúsculo objeto del que emana. Muchas personas no son capaces de distinguir alas ni motores: sólo un punto en movimiento un tanto separado de la estela que origina.

Cuando oscurece, con frecuencia se advierte que el punto es luminoso. Hay allí un resplandor blanco. A veces también un destello rojo o verde, o ambos.

En ocasiones me pongo en la piel de un cazador-recolector (o incluso en la de mis abuelos cuando eran niños) que mira al cielo y contempla esas pavorosas y terribles maravillas del futuro. De todo el tiempo que los seres humanos llevamos en la Tierra, sólo en el siglo XX hemos hecho acto de presencia en el cielo. Aunque el tráfico aéreo en la parte septentrional del estado de Nueva York, donde yo vivo, es indudablemente más intenso que en muchos lugares del planeta, difícilmente hay un sitio en la Tierra donde, al menos de vez en cuando, uno no pueda ver nuestras máquinas escribiendo sus misteriosos mensajes en el cielo, que durante tanto tiempo consideramos dominio exclusivo de los dioses. La tecnología ha cobrado unas proporciones para las que, en lo más íntimo de nuestros corazones, no estamos ni mental ni emocionalmente preparados.

Un poco más tarde, ocasionalmente consigo distinguir entre las estrellas que empiezan a asomar una luz móvil, a veces muy brillante. Su resplandor puede ser fijo o parpadeante. A menudo se trata de dos luces en tándem. No hay rastro de cola cometaria. Hay momentos en que el 10 % o el 20 % de las «estrellas» que consigo ver son artefactos cercanos creados por el hombre, y que por un instante pueden confundirse con soles ardientes e inmensamente remotos. Sólo de vez en cuando, y horas después del ocaso, logro distinguir un punto de luz, por lo general muy tenue y de movimiento sutil y lento. He de asegurarme primero de que deja atrás una estrella y después otra, porque el ojo humano tiende a suponer que cualquier punto luminoso, aislado y envuelto por las tinieblas está desplazándose. Éstos no son aviones: se trata de naves espaciales. Hemos construido máquinas que dan una vuelta a la Tierra cada hora y media. Si son especialmente grandes o reflectantes se las puede reconocer a simple vista. Viajan muy por encima de la atmósfera, en la negrura del espacio circundante, a tanta altura que desde allí podría verse el Sol aunque aquí abajo sea noche cerrada. A diferencia de los aviones, carecen de luz propia. Como la Luna y los planetas, simplemente reflejan la luz solar.

El cielo comienza no muy lejos de nuestras cabezas. Abarca la delgada atmósfera de la Tierra y, más allá, la inmensidad del cosmos. Hemos creado máquinas que surcan esas regiones. Estamos tan acostumbrados y aclimatados a su presencia que a menudo no llegamos a reconocer hasta qué punto constituye una hazaña mítica. Más que cualquier otro rasgo de nuestra civilización técnica, estos vuelos, ahora prosaicos, son el símbolo de los poderes que ya poseemos.

Pero con los grandes poderes llegan las grandes responsabilidades.

Nuestra tecnología se ha hecho tan potente que —consciente e inconscientemente— estamos convirtiéndonos en un peligro para nosotros mismos. La ciencia y la tecnología han salvado miles de millones de vidas, han mejorado el bienestar de muchas más y han transformado poco a poco el planeta en una unidad anastomósica, pero al mismo tiempo han cambiado tanto el mundo que la gente ya no se siente cómoda en él. Hemos creado toda una gama de nuevos demonios: difíciles de ver, difíciles de comprender, problemas no resolubles de manera inmediata (y, desde luego, no sin enfrentamiento con quienes ejercen el poder).

Aquí, más que en cualquier otro ámbito, resulta esencial una comprensión de la ciencia por parte del público. Muchos científicos afirman que existe un peligro real si se siguen haciendo las cosas como hasta ahora, que nuestra civilización industrial constituye una trampa explosiva. Sin embargo, resulta muy costoso tomar en serio advertencias tan horribles. Las industrias afectadas perderían beneficios. Aumentaría nuestra propia ansiedad. Hay muchas y buenas razones para desoir esas voces. Tal vez los numerosos científicos que nos previenen de la inminencia de catástrofes sean unos agoreros. Quizás amedrentar a los demás les proporcione un perverso placer. Tal vez no sea más que una manera de conseguir subvenciones oficiales. Al fin y al cabo, otros científicos dicen que no hay nada de qué preocuparse, que tales afirmaciones no están demostradas, que el medio ambiente se curará solo. Como es lógico, ansiamos creerles. ¿Quién no? Si tienen razón, nos aliviarán de una inmensa carga. Así que no nos precipitemos. Seamos cautelosos. Procedamos lentamente. Asegurémonos primero. Por otro lado, es posible que quienes nos tranquilizan acerca del medio ambiente sean como Pollyannas\* o tengan miedo de enfrentarse con los que asumen el poder o quieran gozar del apoyo de los beneficiarios del expolio del medio ambiente. Así que démonos prisa; arreglemos las cosas antes de que sea tarde.

¿A quién hay que escuchar?

Existen argumentos a favor y en contra que implican abstracciones, invisibilidades, conceptos y términos no familiares. A veces incluso se aplican palabras como «fraude» o «engaño» a las predicciones funestas. ¿Cómo puede ayudar aquí la ciencia? ¿Cómo puede informarse el individuo medio de lo que está en juego? ¿No sería posible mantener una neutralidad desapasionada pero abierta y dejar que los contendientes se peleen, o aguardar a que las pruebas resulten absolutamente incuestionables? Al fin y al cabo, las afirmaciones extraordinarias requieren una demostración extraordinaria. ¿Por qué, en suma, aquellos que, como yo mismo, predicán el escepticismo y la cautela acerca de algunas afirmaciones extraordinarias arguyen que otras del mismo carácter deben ser tomadas en serio y consideradas con urgencia?

Cada generación piensa que sus problemas son singulares y, en potencia, fatales, y aun así cada generación ha dado paso a la siguiente. Todo tiene, pues, solución.

Sea cual fuere el mérito que haya podido tener esta argumentación —y desde luego proporciona un contrapeso útil a la histeria— hoy su fuerza ha menguado bastante. De vez en cuando se oye hablar del «océano» de aire que envuelve la Tierra; sin embargo, el grosor de la mayor parte de la atmósfera —contando la implicada en el efecto invernadero— sólo supone un 0,1 % del diámetro terrestre. Aun tomando en consideración la alta estratosfera, la atmósfera no llega a constituir el 1 % del diámetro de nuestro planeta. «Océano» suena a enorme, imperturbable. Sin embargo, en relación al planeta entero, el espesor de la capa de aire equivale al del revestimiento de goma laca de un globo terráqueo escolar. El espesor de la capa de ozono estratosférica en relación al diámetro de la Tierra guarda una proporción de uno a 4.000 millones. Al nivel de la superficie resultaría prácticamente invisible. Muchos astronautas han declarado que, después de haber visto el aura delicada, fina y azul en el horizonte de la hemisfera terrestre a la luz del día —aura que representa el grosor de toda la atmósfera— de forma inmediata y espontánea han tomado conciencia de su fragilidad y su vulnerabilidad y se han sentido inquietos. Tienen razones para estarlo.

En la actualidad nos enfrentamos a una circunstancia absolutamente nueva, sin precedentes en toda la historia humana. Cuando empezamos nuestra singladura, hace centenares de miles de años, quizá con una densidad media de población de una centésima de individuo (o menos) por kilómetro cuadrado, los triunfos de la tecnología estaban representados por las hachas y el

---

\* Pollyanna, la protagonista de la novela (1913) del mismo título de Eleanor Porter, se caracteriza por su optimismo ciego e ilimitado. (*N. del T.*)

fuego. No habríamos conseguido provocar grandes cambios en el entorno global aunque nos lo hubiéramos propuesto. Éramos pocos y débiles, pero con el paso del tiempo, y con el progreso de la tecnología, nuestro número creció exponencialmente. Ahora la densidad de población media es de unas 10 personas por kilómetro cuadrado, nos concentramos en ciudades y disponemos de un sobrecogedor arsenal tecnológico cuyo poder sólo en parte entendemos y controlamos.

Dado que nuestra vida depende de cantidades minúsculas de gases como el ozono, los motores de la industria pueden producir un gran quebranto ambiental a escala incluso planetaria. Las limitaciones impuestas al empleo irresponsable de la tecnología son débiles y a menudo tibias, y casi siempre están subordinadas a intereses nacionales o empresariales a corto plazo. Ahora somos capaces, voluntaria o involuntariamente, de alterar el entorno global. Sigue siendo materia de debate entre los estudiosos hasta qué punto hemos llegado en el camino hacia las diversas catástrofes planetarias profetizadas. Ya nadie discute que son una posibilidad real.

Quizá lo que ocurre es que los productos de la ciencia son, sencillamente, demasiado poderosos y peligrosos para nosotros. Tal vez no hayamos madurado lo bastante para manejarlos. ¿Sería juicioso regalar una pistola a un bebé, o a un niño, o a un adolescente? También podrían tener razón quienes han sugerido que ningún civil debería poseer armas automáticas, porque en un momento u otro a todos nos puede cegar la pasión; ante una tragedia pensamos muchas veces que de no haber habido un arma al alcance de la mano nunca se habría producido. (Se formulan, desde luego, razones para la posesión de armas, y puede que sean válidas en determinadas circunstancias; lo mismo podemos decir de los productos de la ciencia.) He aquí una complicación adicional: imaginemos que, después de apretar el gatillo de una pistola, pasan décadas antes de que la víctima o el asaltante reconozca que alguien ha sido alcanzado; en ese caso aún resultaría más difícil comprender los peligros de las armas. La analogía es imperfecta, pero algo semejante pasa con las repercusiones ambientales globales de la moderna tecnología industrial.

Tenemos aquí, a mi juicio, un buen motivo para hablar claro, para concebir nuevas instituciones y nuevas formas de pensar. Sí, la moderación es una virtud y puede influir en un oponente sordo a las más fervientes demandas filosóficas. Sí, es absurdo pretender que todo el mundo cambie su manera de pensar. Sí, podemos ser nosotros los equivocados y no nuestros oponentes (ha sucedido a veces). Sí, es raro que, en una discusión, una parte convenza a la otra (Thomas Jefferson dijo que jamás había visto tal cosa, pero me parece una afirmación un tanto exagerada; en la ciencia ocurre constantemente). Ahora bien, éstas no son razones legítimas para rehuir el debate público.

La ciencia y la tecnología han transformado espectacularmente nuestra vida a través del progreso de la medicina, la farmacopea, la agricultura, los anticonceptivos, los transportes y las comunicaciones, pero también han traído nuevas armas devastadoras, efectos secundarios imprevistos de la industria y la tecnología, y retos amenazadores a concepciones del mundo de larga raigambre. Muchos luchamos para no quedarnos rezagados, a veces comprendiendo sólo poco a poco las consecuencias de los nuevos avances. Según la antigua tradición, los jóvenes captan el cambio con mayor rapidez que los demás, y no sólo en lo que al manejo de ordenadores personales y la programación de vídeos se refiere, sino también en cuanto a la adaptación a las nuevas ideas acerca del mundo y de nosotros mismos. El ritmo actual de cambio supera en velocidad el de una vida humana, hasta el punto de desunir las generaciones. Esta sección intermedia del libro está consagrada a la comprensión de los trastornos ambientales que, tanto para bien como para mal, han provocado la ciencia y la tecnología.

Me concentraré en el debilitamiento de la capa de ozono y el calentamiento global como indicadores de los dilemas a los que nos enfrentamos, pero son muchas más las consecuencias ambientales inquietantes de la tecnología y la capacidad de expansión del ser humano: la extinción de un vasto número de especies, cuando se necesitan desesperadamente medicinas para el cáncer, las enfermedades cardíacas y otras afecciones mortales, medicinas que proceden de especies raras o en peligro; la lluvia ácida; las armas nucleares, biológicas y químicas, y los productos tóxicos (incluyendo los venenos radiactivos), a menudo vertidos cerca de los más pobres y menos poderosos. Recientemente, y de forma inesperada, se ha descubierto (aunque otros científicos lo han puesto en duda) un declive precipitado de la producción de espermatozoides en Norteamérica, Europa occidental y otras regiones, posiblemente como

consecuencia de productos químicos y plásticos que imitan las hormonas sexuales femeninas (según algunos, la mengua es tan abrupta que, de continuar, los varones occidentales podrían empezar a volverse estériles hacia mediados del siglo XXI).

La Tierra constituye una anomalía. Por lo que hasta ahora sabemos, es el único planeta habitado en todo el sistema solar. La especie humana es una entre millones en un mundo rebosante de vida. Sin embargo, la mayor parte de las especies que han existido en el pasado ya no existen. Los dinosaurios se extinguieron tras un florecimiento de 150 millones de años. Hasta el último; no ha quedado ni uno. Ninguna especie tiene garantizada su permanencia en este planeta. Nosotros, que estamos aquí desde hace no más de un millón de años, somos la primera especie que ha concebido los medios para su autodestrucción. Somos una especie rara y preciada porque estamos capacitados para reflexionar y tenemos el privilegio de influir en nuestro futuro y, quizá, de controlarlo. Creo que tenemos el deber de luchar por la vida en la Tierra y no sólo en nuestro beneficio, sino en el de todos aquellos, humanos o no, que llegaron antes que nosotros y ante quienes estamos obligados, así como en el de quienes, si somos lo bastante sensatos, llegarán después. No hay causa más apremiante, ni afán más justo, que proteger el futuro de nuestra especie. Casi todos los problemas que padecemos son obra de los seres humanos y pueden ser resueltos por éstos. No existe convención social, sistema político, hipótesis económica o dogma religioso que revista mayor importancia.

Todo el mundo experimenta al menos una sensación vaga de ansiedad por diversos motivos, que casi nunca desaparece por completo. La mayor parte de éstos se refiere a nuestra vida cotidiana. Este zumbido de recuerdos soterrados, la evocación dolorosa de antiguos errores, el ensayo mental de respuestas posibles a problemas inminentes, poseen un claro valor para la supervivencia. Para demasiados de nosotros la ansiedad se ciñe a la búsqueda del sustento para la prole. La ansiedad es un compromiso evolutivo que hace posible una nueva generación, pero que resulta dolorosa para la actual. El truco, digámoslo así, consiste en optar por las ansiedades precisas. En algún punto entre el optimismo ingenuo y la ansiedad nerviosa hay un estado mental al que deberíamos aspirar.

Con la excepción de los milenaristas de diversas confesiones y de la prensa amarilla, el único grupo humano que parece preocuparse de forma habitual por la posibilidad de nuevos desastres —catástrofes jamás conocidas en la historia de nuestra especie— es el de los científicos. Han llegado a entrever cómo funciona el mundo, y esto los induce a pensar que podría ser muy diferente. Un tironcito de aquí, un empujoncito por allá bastarían, quizá, para producir grandes cambios. Como los seres humanos estamos por lo general bien adaptados a las circunstancias (desde el clima global al político) es probable que cualquier cambio resulte perturbador, doloroso y caro. Por ello solemos exigir a los científicos que se aseguren bien de lo que dicen antes de echarnos a correr para protegernos de un peligro imaginario. Sin embargo, algunos de los presuntos riesgos parecen tan graves que es inevitable pensar que sería prudente tomar en serio la probabilidad, por mínima que fuese, de un peligro extremo.

Las ansiedades de la vida cotidiana operan de la misma manera. Contratamos pólizas de seguros y advertimos a los niños que no deben hablar con extraños. Aun así, y pese a todas las inquietudes, a veces se nos pasan por alto los riesgos. «Lo que me preocupaba jamás sucedió. Todo lo malo llegó sin avisar», nos dijo una vez un conocido a mi esposa Annie y a mí.

Cuanto peor es la catástrofe, más cuesta mantener el equilibrio. O bien nos dedicamos a hacer caso omiso de ella o bien invertimos todos nuestros recursos en soslayarla. Resulta muy difícil contemplar nuestras circunstancias y prescindir por un instante siquiera de la ansiedad asociada a ellas. Es mucho lo que está en juego. En las páginas siguientes intento describir algunas de las formas de proceder de nuestra especie que parecen peligrosas (en cuanto al modo de conducirnos con el planeta y de organizar nuestra política). Trato de presentar las dos caras de la moneda pero, lo reconozco, tengo un punto de vista que procede de mi estimación del peso de la evidencia. Allí donde los seres humanos crean problemas, los mismos seres humanos pueden lograr soluciones, y he pretendido mostrar el modo de hacerlo, al menos en ciertos casos. Algunos quizá piensen que debería darse prioridad a otros problemas o que hay otros remedios, pero confío en que esta sección del libro les sirva para pensar más en el futuro. No deseo aumentar innecesariamente su carga de ansiedades —ya tenemos de sobra—, pero me parece que hay algunas cuestiones sobre las que no hemos reflexionado bastante. Este tipo de examen de las consecuencias futuras de acciones presentes tiene un glorioso historial entre



nosotros los primates, y es uno de los secretos de lo que en buena parte constituye la asombrosa historia de éxitos de los seres humanos sobre la Tierra.

## 9. CRESO Y CASANDRA

Hace falta valor para temer.

Montaigne, *Essais*, III, 6 (1588)

Apolo, morador del Olimpo, era dios del Sol. También se ocupaba de otras materias, una de ellas la profecía. Todos los dioses olímpicos podían entrever el futuro, pero Apolo era el único que sistemáticamente brindaba este don a los seres humanos. Estableció varios oráculos, el más famoso de los cuales estaba en Delfos, donde consagró a una sacerdotisa, llamada Pitia por la pitón que constituía una de sus encarnaciones. Reyes y aristócratas, y de vez en cuando plebeyos, acudían a Delfos para implorar a la pitonisa que les dijera lo que iba a suceder.

Uno de ellos fue Creso, rey de Lidia. Lo recordamos por la expresión «rico como Creso», todavía habitual. Tal vez su nombre se convirtió en sinónimo de riqueza porque fue en su época y bajo su reinado donde se inventaron las monedas, acuñadas por Creso en el siglo VII a. de C. (Lidia se hallaba en Anatolia, la Turquía contemporánea). El dinero de arcilla era una invención sumeria muy anterior. Su ambición desbordaba los límites de su pequeña nación. Así, según Herodoto, se le metió en la cabeza invadir y someter Persia, entonces la superpotencia del Asia occidental. Ciro había unido a persas y medos, forjando un poderoso imperio. Naturalmente, Creso estaba un tanto inquieto.

Para determinar la prudencia de su empeño, envió a unos emisarios a consultar el oráculo de Delfos. Cabe imaginarlos cargados de opulentos presentes (que, dicho sea de paso, seguían en Delfos un siglo después, en la época de Herodoto). La pregunta que los emisarios formularon en nombre de Creso fue: «¿Qué sucederá si Creso declara la guerra a Persia?»

Pitia respondió sin titubear: «Destruirá un poderoso imperio.»

«Los dioses están con nosotros —pensó Creso (o algo por el estilo)—. ¡Es el momento de atacar!»

Pensando en apoderarse de las satrapías, reunió sus ejércitos de mercenarios. Invadió Persia... y sufrió una humillante derrota. No sólo el poder de Lidia quedó destruido, sino que él mismo se convirtió para el resto de su vida en un patético funcionario de la corte persa, brindando consejos de poca monta a dignatarios que los recibían con indiferencia. Fue como si el emperador Hiro Hito hubiera terminado su existencia como asesor de los ministerios de Washington.

Aquella injusticia le hizo verdaderamente mella. Al fin y al cabo, se había atenido a lo prescrito. Solicitó el consejo de Pitia, pagó espléndidamente y ella lo engañó. Así que envió otro emisario al oráculo (esta vez con regalos mucho más modestos y ajustados a sus menguadas posibilidades) y le encargó que preguntase en su nombre: «¿Cómo pudiste hacerme eso?» He aquí la respuesta, según la *Historia* de Herodoto:

La profecía de Apolo advertía que si Creso hacía la guerra a Persia destruiría un imperio poderoso. Ante tales palabras, lo juicioso por su parte habría sido preguntar de nuevo si se refería a su propio imperio o al de Ciro. Pero Creso no entendió lo que se le decía ni inquirió más. La culpa es enteramente suya.

Si el oráculo de Delfos hubiese sido sólo una estafa para desplumar monarcas crédulos, desde luego habría necesitado excusas para justificar los inevitables errores. En estos casos son corrientes las ambigüedades disimuladas. Sin embargo, la lección de Pitia es pertinente: tenemos que formular bien las preguntas, incluso a los oráculos; las preguntas han de ser inteligentes, aun cuando parezca que ya nos han dicho exactamente lo que deseábamos oír. Los políticos no deben aceptar respuestas a ciegas, deben comprender; y no deben permitir que sus propias ambiciones oscurezcan su comprensión. Hay que proceder con sumo cuidado a la hora de convertir una profecía en una acción política.

Este consejo es plenamente aplicable a los oráculos modernos: los científicos, grupos de investigación y universidades, los institutos financiados por las empresas y las comisiones asesoras de la Academia Nacional de Ciencias. De vez en cuando, y generalmente de mala gana, los políticos envían a alguien a preguntar al oráculo y reciben una respuesta. En la actualidad los

oráculos suelen manifestar sus profecías aunque nadie las solicite. Sus declaraciones a menudo son mucho más detalladas que las preguntas; se habla, por ejemplo, del bromuro de metilo, el vórtice circumpolar o la capa de hielo de la Antártida occidental. Las estimaciones se formulan a veces en términos de probabilidades numéricas. Parece casi imposible que el político más honesto emita, sencillamente, un sí o un no. Los políticos tienen que decidir qué hacer con la respuesta, si es que hace falta tomar alguna medida, pero primero deben comprenderla. En razón de la naturaleza de los oráculos modernos y de sus profecías, los políticos precisan, ahora más que nunca, entender la ciencia y la tecnología. (En respuesta a esta necesidad, el partido Republicano ha decidido, absurdamente, abolir su propia Oficina de Asesoramiento Tecnológico; y casi no hay científicos entre los miembros del Congreso estadounidense. Lo mismo cabe decir de muchos otros países.)

Hay otra historia acerca de Apolo y sus oráculos, como mínimo igual de famosa y relevante. Es la de Casandra, princesa de Troya. (Comienza justo antes de que los griegos de Micenas invadiesen Troya para iniciar la guerra que llevaría su nombre.) Era la más inteligente y bella de las hijas del rey Príamo. Apolo, siempre merodeando en busca de seres humanos atractivos (conducta propia de casi todos los dioses y diosas griegos), se enamoró de ella. Curiosamente — esto casi nunca sucede en la mitología griega—, Casandra se resistió a su acoso, así que trató de comprarla. Pero ¿qué podía darle? Ya era una princesa, rica, hermosa y feliz. Aun así, Apolo tenía una o dos cosas que ofrecerle. Le prometió el don de la profecía. La oferta era irresistible, y ella accedió. *Quid pro quo*. Apolo hizo cuanto deben hacer los dioses para convertir a simples mortales en videntes, oráculos y profetas, pero luego, escandalosamente, Casandra se echó atrás y rechazó el cortejo del dios.

Apolo se enfureció. Ahora bien, no podía retirarle el don de la profecía, puesto que al fin y al cabo era un dios (se diga lo que se diga sobre ellos, los dioses mantienen sus promesas). Sin embargo, la condenó a un destino cruel e ingenioso: el de que nadie creyese en sus profecías. (Lo que aquí cuento procede en buena parte de la tragedia *Agamenón*, de Esquilo.) Casandra profetiza a su propio pueblo la caída de Troya; nadie le presta atención. Predice la muerte del caudillo de los invasores griegos, Agamenón; nadie le hace caso. Anuncia incluso su pronta muerte, con el mismo resultado. No querían escucharla, se burlaban de ella. Tanto griegos como romanos la llamaron «la dama de las infinitas calamidades». Hoy quizá la tacharían de «catastrofista».

Hay un espléndido momento en que ella no puede entender que se ignoren esas profecías de desgracias inminentes, algunas de las cuales podían evitarse con sólo darles crédito. Dice a los griegos: «¿Cómo no me comprendéis? Conozco muy bien vuestra lengua.» Sin embargo, el problema no consistía en su pronunciación del griego. La respuesta vino a ser: «Mira, así son las cosas. Hasta el oráculo de Delfos se equivoca de vez en cuando, y a veces sus profecías son ambiguas. No podemos estar seguros, y si no podemos fiarnos de Delfos, mucho menos de ti.» Ésa es la respuesta más clara que obtiene.

Otro tanto le sucedió con los troyanos: «Profeticé a mis compatriotas —dice— todos sus desastres.» No obstante, hicieron caso omiso de su clarividencia y fueron aniquilados. Al final ella corrió la misma suerte.

Hoy puede reconocerse esa misma resistencia a las profecías horrendas experimentada por Casandra. Cuando nos enfrentamos con una predicción ominosa que alude a fuerzas inmensas sobre las que no es fácil ejercer influencia alguna, mostramos una tendencia natural a rechazarla o no tomarla en consideración.

Mitigar o soslayar el peligro podría requerir tiempo, esfuerzos, dinero, valentía; quizás incluso alterar las prioridades de nuestra vida. Además, no todas las predicciones de desastres se cumplen (ni siquiera las formuladas por científicos). La mayor parte de la vida animal oceánica no se ha extinguido por culpa de los insecticidas; pese a lo sucedido en Etiopía y el Sahel, el hambre a escala mundial no fue el rasgo distintivo de la década de los ochenta; la producción alimentaria del Asia meridional no quedó drásticamente afectada por el incendio de los pozos petrolíferos de Kuwait en 1991; los aviones supersónicos no amenazan la capa de ozono... y, sin embargo, todas estas predicciones fueron expresadas por científicos serios. Así, cuando nos enfrentamos a una profecía nueva e incómoda, podemos sentirnos tentados de decir: «Improbable; catastrofista; jamás hemos experimentado nada remotamente parecido; tratan de asustar a todo el mundo; es malo para la moral pública».

Más aún, si los factores que precipitan la catástrofe anunciada están actuando desde hace mucho tiempo, entonces la propia predicción constituye un reproche indirecto y tácito. ¿Por qué nosotros, ciudadanos corrientes, hemos permitido que se llegase a esta situación de peligro? ¿No deberíamos habernos informado antes? ¿Acaso no somos cómplices al no haber tomado medidas para asegurar que los dirigentes políticos eliminasen esa amenaza? El que la desatención y la inactividad propias puedan significar un peligro para nosotros mismos y para nuestros seres queridos es una reflexión incómoda.

Surge, pues, una tendencia natural, aunque nefasta, a rechazar todo el asunto. Hacen falta pruebas más sólidas, decimos, antes de poder tomarlo en serio. Sentimos la tentación de subestimar, rehuir, olvidar. Los psiquiatras son plenamente conscientes de esa tentación, a la que llaman «rechazo»; pero, como dice el refrán, si el río suena agua lleva.

Las historias de Creso y de Casandra representan los dos extremos de la respuesta política a quienes predicen un peligro mortal. El propio Creso representa un polo de aceptación crédula y acrítica (por lo general, de la confianza en que todo va bien), alentada por la codicia y otras debilidades del carácter; y la respuesta griega y troyana a Casandra simboliza el polo de un rechazo estólido e inamovible de la posibilidad de un peligro. La tarea de un político consiste en marcar un rumbo prudente entre estas dos orillas.

Imaginemos que un grupo de científicos afirma que es inminente una gran catástrofe medioambiental. Supongamos además que lo que se necesita para prevenir o mitigar la catástrofe es costoso en recursos fiscales e intelectuales, pero también en lo que a cambio de mentalidad se refiere, por lo que es políticamente caro. ¿En qué punto deben los políticos tomar en serio a los profetas científicos? Hay maneras de estimar la validez de las profecías modernas, porque entre los métodos de la ciencia existe un procedimiento de corrección de errores, una serie de reglas que han venido funcionando bien, y que suelen recibir la denominación conjunta de «método científico». Hay unos cuantos principios (esboqué algunos en mi libro *El mundo y sus demonios*): los argumentos de autoridad tienen poco peso («porque lo digo yo» no es una buena razón); la predicción cuantitativa constituye un modo extremadamente eficaz de distinguir las ideas útiles de las descabelladas; los métodos de análisis deben arrojar otros resultados consecuentes con lo que ya conocemos acerca del universo; un debate vigoroso es un signo saludable; para que una idea sea tomada en serio, deben llegar a las mismas conclusiones grupos científicos capacitados, trabajando de forma independiente; etcétera. Existen medios para que los políticos decidan y hallen una vía intermedia y segura entre la acción precipitada y la impasibilidad. Se requiere, empero, una cierta disciplina emocional y, sobre todo, una ciudadanía consciente y científicamente instruida, capaz de juzgar por sí misma hasta qué punto son amenazadores los peligros anunciados.

## 10. FALTA UN PEDAZO DEL CIELO

Esta espléndida armadura, la tierra, se me antoja un promontorio estéril; este maravilloso dosel, el aire, mirad, ese bello firmamento que pende arriba, este techo majestuoso encendido por un fuego dorado, sólo me parece una congregación hedionda y pestilente de vapores.

William Shakespeare,

*Hamlet*, acto II, escena II, 308 (1600-1601)

Siempre quise tener un tren eléctrico de juguete, pero mis padres no pudieron comprármelo hasta que cumplí los diez años. El que me regalaron (de segunda mano, pero en buenas condiciones) no era uno de esos modelos pequeñitos, de apenas un dedo de largo, que vemos hoy, sino un auténtico tren. Sólo la locomotora debía de pesar más de dos kilos. Tenía también un tender para el carbón, un vagón de viajeros y un furgón. Las vías, completamente metálicas y empalmables, eran de tres tipos: rectas, curvas y una pieza entrecruzada que permitía realizar un tendido en ocho. Ahorré para comprar un túnel de plástico verde por el que veía salir triunfante a la locomotora, despejando la oscuridad con su foco.

Mis recuerdos de aquellos tiempos felices están impregnados del olor, para nada desagradable y levemente dulzón, que siempre emanaba del transformador, una gran caja negra de metal con una palanca roja deslizable para controlar la velocidad del tren. Si alguien me hubiese pedido entonces que describiera su función, supongo que le habría dicho que convertía el tipo de electricidad de las paredes de nuestro piso en aquella que necesitaba la locomotora. Sólo mucho más tarde supe que el olor se debía a una determinada sustancia química —generada por la electricidad al atravesar el aire— que tenía un nombre propio: ozono.

El aire que nos rodea, el que respiramos, contiene alrededor de un 20 % de oxígeno (no el átomo, cuyo símbolo es O, sino la molécula, de símbolo O<sub>2</sub>, lo que significa dos átomos de oxígeno químicamente enlazados). El oxígeno molecular es lo que nos pone en marcha: lo respiramos y, tras combinarlo con los alimentos, extraemos energía.

El ozono es una forma más rara de oxígeno combinado. Su símbolo es O<sub>3</sub>, lo que significa tres átomos de oxígeno químicamente enlazados.

Mi transformador tenía un defecto. Despedía una pequeña chispa eléctrica que desintegraba los enlaces de las moléculas de oxígeno de esta manera:



(La flecha significa «transformado en».) Ahora bien, los átomos de oxígeno solitarios (O) se sienten insatisfechos, químicamente reactivos, ansiosos de combinarse con moléculas adyacentes; y así lo hacen:



Aquí M representa una tercera molécula cualquiera que no se altera en la reacción pero resulta necesaria para que ésta se lleve a cabo (es decir, un catalizador). Hay muchas moléculas M en el entorno, principalmente de nitrógeno.

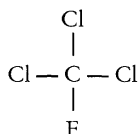
Esto era lo que determinaba que mi transformador produjese ozono.

La reacción se da también en los motores de los coches y en los fuegos industriales, produciendo ozono reactivo que contribuye al *smog* y la contaminación industrial. Su olor ya no me resulta tan agradable. Sin embargo, el mayor peligro del ozono no es que exista demasiado aquí abajo, sino demasiado poco allá arriba.

Todo se hizo de manera responsable, cuidadosamente, pensando en el medio ambiente. Hacia la década de los veinte la gente creía que los frigoríficos eran algo bueno. Por razones de comodidad, de salud pública, por la posibilidad de enviar frutas, verduras y productos lácteos a gran distancia y combinar manjares sabrosos, todo el mundo quería tener uno (se acabaron los pesados bloques de hielo; ¿qué mal podía haber en eso?), pero ocurría que el fluido operante, cuyo calentamiento y posterior enfriamiento provocaban la refrigeración, tenía que ser amoníaco o dióxido de azufre, gases venenosos y malolientes. Un escape resultaba horrible. Se requería

un sustituto que fuese líquido en las condiciones adecuadas, a fin de que circulase dentro del frigorífico, pero que no causara ningún perjuicio en caso de avería o cuando se lo convirtiese en chatarra. Para ello hacía falta encontrar un material que no fuera ponzoñoso ni inflamable, que no causase corrosión ni quemara los ojos ni atrajese bichos ni molestase al gato siquiera. No parecía que en la naturaleza existiera un material semejante.

Así, químicos estadounidenses y alemanes inventaron un tipo de moléculas inexistentes hasta entonces. Las llamaron clorofluorocarbonos (CFC), y estaban constituidas por uno o más átomos de carbono a los que se unían átomos de cloro y de flúor. He aquí una:



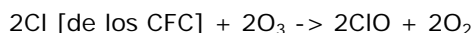
(C, carbono; Cl, cloro; F, flúor.) El éxito superó ampliamente las expectativas de sus inventores. Se convirtieron en el fluido principal no sólo de los frigoríficos, sino también de los acondicionadores de aire. Encontraron amplias aplicaciones, como aerosoles, espumas aislantes, disolventes industriales y agentes limpiadores (sobre todo en la industria microelectrónica). El más famoso de estos productos fue el freón, una marca comercial de DuPont. Empleado durante décadas, nunca pareció que causase daño alguno. Todo el mundo imaginaba que era completamente seguro. Por todo esto, al cabo de cierto tiempo, un volumen sorprendente de la producción industrial química dependía de los CFC.

A comienzos de la década de los setenta se fabricaban cada año un millón de toneladas de estas sustancias. Imaginemos que estamos en el cuarto de baño aplicándonos desodorante en las axilas. El aerosol de CFC difunde una tenue neblina. Las moléculas impulsoras de CFC propulentes no se nos adhieren al cuerpo; revolotean cerca del espejo y llegan a las paredes. Algunas escapan por la ventana o por debajo de la puerta, y con el paso del tiempo —días o incluso semanas— son transportadas por las corrientes de convección en torno de edificios y postes del teléfono para, impulsadas por la circulación atmosférica global, recorrer el planeta. Con escasas excepciones, no se degradan ni se combinan químicamente con otras moléculas. En la práctica son inertes. De esta forma, al cabo de unos cuantos años llegan a la alta atmósfera.

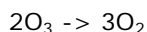
El ozono se forma de manera natural a unos 25 kilómetros de altitud. La luz ultravioleta —la misma que producía la chispa de mi transformador deficientemente aislado— desintegra las moléculas de  $\text{O}_2$  en átomos de oxígeno, que se recombinan formando ozono.

En esas altitudes una molécula de CFC sobrevive, por término medio, un siglo antes de que la luz ultravioleta le arranque su cloro; éste es el catalizador que destruye las moléculas de ozono sin aniquilarse a sí mismo. Hacen falta unos dos años para que el cloro retorne a la baja atmósfera y sea arrastrado por la lluvia. En ese tiempo, un átomo de cloro puede haber participado en la destrucción de cien mil moléculas de ozono.

La reacción es como sigue:



El resultado neto es:



Han sido destruidas dos moléculas de ozono; se han formado tres moléculas de oxígeno, y los átomos de cloro quedan disponibles para nuevos desaguizados.

¿A quién puede importarle todo esto? Allá arriba, en el cielo, algunas moléculas invisibles son destruidas por otras moléculas invisibles elaboradas aquí en la Tierra. ¿Por qué deberíamos preocuparnos?

Porque el ozono es nuestro escudo contra la luz ultravioleta del Sol. Si todo el ozono de las alturas se sometiese a la temperatura y presión que hay en torno a nosotros, en este momento

la capa tendría un espesor de sólo tres milímetros. No parece mucho, pero es todo lo que hay entre nosotros y las abrasadoras radiaciones ultravioleta procedentes del Sol.

El peligro asociado a la luz ultravioleta del que se suele hablar es el de cáncer de piel. Las personas de piel clara resultan especialmente vulnerables; las morenas, en cambio, disponen de una generosa cantidad de melanina para su protección. (Tostarse al sol constituye una adaptación; las pieles pálidas desarrollan una mayor protección cuando se les expone a la radiación ultravioleta.) Se diría que existe una remota justicia cósmica en el hecho de que fuesen blancos los inventores de los CFC, mientras que la gente de piel oscura, que poco tuvo que ver con tan maravilloso invento, disfruta de una protección natural. Según se ha informado, la incidencia de cánceres malignos de piel es hoy diez veces mayor que en la década de los cincuenta. Aunque parte de este aumento aparente puede deberse al perfeccionamiento del diagnóstico, la pérdida de ozono y el incremento de la exposición a la luz ultravioleta también parecen estar implicados. Si las cosas empeorasen mucho, las personas de piel pálida tendrían que utilizar prendas protectoras especiales durante sus excursiones habituales, al menos en alturas y latitudes elevadas.

Lo peor de todo, sin embargo, no es el incremento del cáncer de piel como consecuencia directa del aumento de las radiaciones ultravioleta, ni tampoco la mayor incidencia de cataratas oculares. Más serio es el hecho de que los rayos ultravioleta afectan el sistema inmunitario (el mecanismo del cuerpo para combatir las enfermedades), pero, otra vez, los afectados son sólo aquellos que carecen de protección. Ahora bien, por grave que esto se nos antoje, el auténtico peligro radica en otra parte.

Expuestas a la luz ultravioleta, las moléculas orgánicas que constituyen toda la vida planetaria se desintegran o forman combinaciones químicas indeseables. Los seres que más abundan en el océano son unas minúsculas algas unicelulares que flotan cerca de la superficie del agua: el fitoplancton. No pueden sumergirse más para rehuir la radiación ultravioleta porque viven gracias a la luz solar. Ciertos experimentos han mostrado que incluso un moderado incremento de radiación ultravioleta daña las algas unicelulares comunes en el océano Antártico y otros lugares. Se puede esperar que incrementos mayores causen en esos seres grandes pérdidas y, en última instancia, un aniquilamiento masivo.

Las mediciones preliminares de la población de estas plantas microscópicas revelan que en las aguas antárticas se ha registrado recientemente una mengua asombrosa —hasta del 25 %— cerca de la superficie del mar. Al ser tan pequeños, los seres que integran el fitoplancton carecen de las pieles duras de animales y plantas superiores que absorben la luz ultravioleta. Amén de una serie de repercusiones en cascada en la cadena alimentaria oceánica, la muerte del fitoplancton elimina la capacidad del océano para extraer dióxido de carbono de la atmósfera, y con ello contribuye al calentamiento global. Éste es uno de los diversos modos en que se relacionan el debilitamiento de la capa de ozono y el calentamiento de la Tierra (aunque sean cuestiones fundamentalmente diferentes, porque en el caso de la disminución del ozono el responsable es la luz ultravioleta, mientras que en el del calentamiento global lo son la luz visible y la infrarroja).

Ahora bien, si incide sobre el océano una mayor cantidad de luz ultravioleta, el peligro no queda limitado a estas pequeñas algas, porque son el alimento de animales microscópicos (el zooplancton) que a su vez son devorados por pequeños crustáceos (como los de mi mundo de cristal número 4210), a su vez devorados por peces pequeños, a su vez devorados por los grandes, a su vez devorados por los delfines, las ballenas y los hombres. La destrucción de las algas en la base de la cadena alimentaria determina el colapso de ésta. Existen, en la tierra y en el agua, muchas cadenas alimentarias, y todas parecen vulnerables a los daños producidos por las radiaciones ultravioleta. Por ejemplo, las bacterias de las raíces de los arrozales que fijan el nitrógeno del aire son sensibles a la luz ultravioleta; un incremento de ésta podría poner en peligro las cosechas y posiblemente comprometer incluso el abastecimiento alimentario humano. Los estudios de laboratorio sobre cosechas a latitudes medias indican que muchas resultan desfavorablemente afectadas por la luz ultravioleta cercana que se filtra al adelgazarse la capa de ozono.

Al permitir la destrucción de la capa de ozono y el aumento de la intensidad de la radiación ultravioleta en la superficie terrestre, estamos planteando retos de gravedad desconocida pero inquietante al tejido de la vida planetaria. Ignoramos las complejas dependencias mutuas de los

seres de la Tierra y cuáles serán las consecuencias derivadas de la desaparición de algunos microbios especialmente vulnerables de los que dependen organismos mayores. Estamos tirando del tapiz biológico planetario y no sabemos si sólo arrancaremos un hilo o si se desbaratará todo el tejido.

Nadie cree que la capa de ozono en su totalidad corra peligro de desaparición inminente. Aunque nos neguemos con terquedad a reconocer el riesgo, no quedaremos reducidos a la asepsia de la superficie marciana, ametrallada por las radiaciones ultravioleta del Sol que llegan hasta allí sin ningún estorbo; pero se estima muy peligrosa una reducción global de sólo el 10 % del volumen de ozono, y muchos científicos creen que la actual dosis de CFC en la atmósfera determinará ese resultado.

En 1974, F. Sherwood Rowland y Mario Molina, de la Universidad de California, fueron los primeros en advertir que los CFC —cerca de un millón de toneladas inyectadas cada año en la estratosfera— podían dañar gravemente la capa de ozono. Experimentos y cálculos subsiguientes de científicos de todo el mundo han confirmado su hallazgo. En un principio, algunos cálculos ratificaron la existencia del efecto, pero indicaron que era menos serio de lo que decían Rowland y Molina; otros señalaron que sería más grave. (Casi siempre que se produce un nuevo descubrimiento otros investigadores tratan de determinar su solidez.) Sin embargo, los cálculos se asentaron más o menos hacia donde Rowland y Molina habían dicho (y en 1995 compartieron el premio Nóbel de química por su trabajo).

La empresa DuPont, que vendía CFC a razón de unos 600 millones de dólares al año, publicó cartas en periódicos y revistas científicas, y sus representantes declararon ante comisiones del Congreso que no estaba demostrado que los CFC representasen un peligro para la capa de ozono, que se había exagerado mucho o que la conclusión se basaba en un razonamiento científico defectuoso. Sus cartas comparaban a los «teóricos y algunos legisladores», que exigían la prohibición de los CFC, con los «investigadores y la industria de los aerosoles», dispuestos a contemporar. Afirmaban que «los responsables primarios eran... otros productos químicos» y advirtieron del riesgo de «empresas destruidas por una prematura acción legislativa». Aseguraban que «no había evidencia suficiente» sobre la cuestión y prometían iniciar una investigación de tres años, pasados los cuales se podría hacer algo. Una empresa poderosa y próspera no estaba dispuesta a arriesgar centenares de millones de dólares al año sólo por lo que dijeran unos pocos fotoquímicos. Cuando la teoría quedó demostrada sin resquicio de duda, declararon que aún era demasiado pronto para considerar la oportunidad de hacer cambios. En cierto modo venían a decir que la fabricación de los CFC se interrumpiría tan pronto como la capa de ozono hubiese quedado irreparablemente dañada. Claro que para entonces era probable que ya no existieran clientes.

Una vez los CFC llegan a la alta atmósfera, no hay medio de eliminarlos (tampoco es posible enviar ozono desde aquí, donde es un contaminante, hacia donde se necesita). Los efectos de los CFC ya presentes en el aire perdurarán alrededor de un siglo. En consecuencia, Sherwood Rowland, otros científicos y el Consejo de Defensa de los Recursos Naturales de Washington exigieron la prohibición de los clorofluorocarbonos. Hacia 1978 los aerosoles de CFC fueron declarados ilegales en Estados Unidos, Canadá, Noruega y Suecia. Sin embargo, la mayor parte de la producción de CFC no se destinaba a aerosoles. La inquietud pública se calmó momentáneamente, la atención se desvió hacia otra parte y el contenido de CFC en el aire siguió aumentando. El volumen de cloro atmosférico llegó a ser el doble del que había cuando Rowland y Molina dieron la alarma, y cinco veces el existente en 1950.

Durante años, el British Antarctic Survey, un equipo de científicos instalado en la bahía de Halley, en el continente Antártico, había estado midiendo la capa de ozono sobre sus cabezas. En 1985 anunciaron la desconcertante noticia de que el ozono primaveral se había reducido a casi la mitad del registrado unos años antes. El descubrimiento fue confirmado por un satélite de la NASA. Faltan ahora dos tercios del ozono primaveral sobre la Antártida. Hay un agujero en la capa antártica de ozono. Ha aparecido cada primavera desde finales de la década de los setenta. Aunque se cierra en invierno, parece durar cada vez más tiempo en primavera. Ningún científico había previsto algo así.

Como es lógico, el descubrimiento hizo que se repitieran las peticiones de prohibición de los CFC (igual que había sucedido cuando se descubrió que éstos contribuían al calentamiento global provocado por el efecto invernadero del dióxido de carbono). Pero a los ejecutivos industriales



parecía costarles comprender la naturaleza del problema. Richard C. Barnett, presidente de la Alianza para una Política Responsable sobre los CFC —integrada por sus fabricantes— llegó a decir: «La suspensión inmediata y completa de los CFC que algunos solicitan tendría horrendas consecuencias. Varias industrias tendrían que cerrar por falta de productos alternativos; el remedio mataría al paciente.» Sin embargo, no debemos olvidar que el paciente no es «algunas industrias», sino que podría ser la vida en la Tierra.

La Asociación de Fabricantes de Productos Químicos consideraba «muy improbable que [el agujero de la Antártida] tenga una significación global... Incluso en la otra región más semejante del mundo, el Ártico, la meteorología descarta de hecho una situación similar».

Posteriormente se encontraron en el agujero de ozono mismo niveles incrementados de cloro reactivo, lo que contribuyó a confirmar la implicación de los CFC. Mediciones próximas al polo norte indican que también está surgiendo un agujero de ozono en el Ártico. Un estudio de 1996 titulado «Confirmación por satélite del predominio de clorofluorocarbonos en el balance de cloro estratosférico global» llega a la conclusión extraordinariamente tajante (para tratarse de un artículo científico) de que los CFC se hallan implicados en la mengua del ozono «más allá de cualquier duda razonable». La acción del cloro procedente de los volcanes y la espuma marina — al contrario de lo postulado por algunos comentaristas radiofónicos de derechas— es, como mucho, responsable del 5 % del ozono destruido.

En las latitudes septentrionales, donde se concentra la mayor parte de la población de la Tierra, el volumen de ozono parece haber estado menguando de forma constante al menos desde 1969. Es cierto que hay fluctuaciones —los aerosoles volcánicos en la estratosfera, por ejemplo, contribuyen a reducir durante un año o dos los niveles de ozono antes de posarse—, pero según la Organización Meteorológica Mundial, el descubrimiento de disminuciones del 30 % en las latitudes septentrionales medias durante algunos meses del año, y hasta del 45 % en ciertas áreas, constituye un motivo de alarma. Así no hará falta que pasen muchos años para que la vida bajo la menguante capa de ozono se encuentre, con toda probabilidad, en apuros.

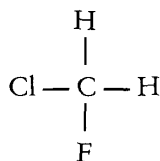
La ciudad de Berkeley (California) prohibió los envases de espuma sólida de CFC utilizados en muchos comercios para mantener caliente la comida. La cadena de hamburgueserías McDonald's se comprometió a eliminar de sus envases los CFC más dañinos. Finalmente, y ante la amenaza de regulaciones oficiales y del boicot de los consumidores, en 1988, catorce años después de que hubiera sido identificado el peligro de los CFC, DuPont anunció que reduciría paulatinamente la producción de estos compuestos, pero que no la abandonaría por completo antes del año 2000. Otros productores norteamericanos ni siquiera prometieron eso. Sin embargo, Estados Unidos sólo era responsable del 30 % de la producción mundial de clorofluorocarbonos. La amenaza a largo plazo sobre la capa de ozono era global. Estaba claro, pues, que también tendría que serlo la solución.

En septiembre de 1987, los representantes de muchas de las naciones productoras y consumidoras de CFC se reunieron en Montreal para considerar la posibilidad de un acuerdo que limitase su empleo. En un principio, Gran Bretaña, Italia y Francia, presionadas por sus poderosas industrias químicas (y este último país por sus fabricantes de perfumes), sólo participaron en el debate a regañadientes, pues temían que DuPont escondiera en la manga un sustitutivo y sospechaban que Estados Unidos quería prohibir los CFC para aumentar la competitividad global de una de sus mayores empresas. Naciones como Corea del Sur ni siquiera comparecieron. La delegación china no firmó el tratado. Se dice que Donald Hodel, secretario de Interior estadounidense (un conservador nombrado por Reagan y enemigo de los controles oficiales), sugirió que, en vez de limitar la producción de CFC, todos lleváramos gafas de sol y sombrero. Esta opción no está al alcance de los microorganismos en la base de la cadena alimentaria que mantiene la vida en la Tierra. Pese a tal opinión, Estados Unidos firmó el Protocolo de Montreal. Fue verdaderamente inesperado que eso ocurriera durante el espasmo antiambientalista de la última administración de Reagan (a menos que el temor de los competidores europeos de DuPont estuviese realmente fundado). Sólo en Estados Unidos había que reemplazar 90 millones de acondicionadores de aire para coches y 100 millones de frigoríficos, lo que representaba un sacrificio considerable en aras del medio ambiente. Hay que reconocer un mérito sustancial al embajador Richard Benedick, que encabezó la delegación norteamericana en Montreal, y a la primera ministra británica Margaret Thatcher, quien, por haber cursado estudios de química, comprendió la cuestión.

El Protocolo de Montreal fue reforzado después por dos acuerdos adicionales firmados en Londres y Copenhague. A la hora en que escribo, 156 naciones, incluyendo las repúblicas de la ex Unión Soviética, China, Corea del Sur e India, han firmado el tratado. (Algunos países se preguntan por qué tienen que olvidarse de los frigoríficos y acondicionadores de aire que emplean CFC justo cuando sus industrias empiezan a desarrollarse, y cuando Japón y Occidente ya han sacado todo el partido de éstos. Se trata de una reivindicación justa, aunque denota una gran estrechez de miras.) Se acordó una reducción progresiva de la producción de CFC hasta su total supresión en el año 2000, plazo que luego se anticipó a 1996. China, cuyo consumo de CFC durante la década de los ochenta aumentaba en un 20 % anual, accedió a reducir su uso y renunció al periodo de gracia de 10 años que le concedía el acuerdo. DuPont es ahora una empresa líder en la supresión de los CFC y se ha comprometido a una reducción más rápida que la de muchas naciones. El volumen de clorofluorocarbonos en la atmósfera está menguando apreciablemente. Lo malo es que tendremos que dejar de producirlos por completo y luego aguardar un siglo a que la atmósfera se limpie por sí sola. Cuanto más nos demoremos, cuantas más sean las naciones que persistan en la producción de estos compuestos, mayor será el peligro.

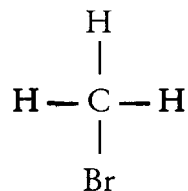
Está claro que el problema se resolverá cuando se encuentre un sustituto barato y eficaz de los CFC que no cause daño ni a nosotros ni al medio ambiente. Ahora bien, ¿y si no existe? ¿Y si el mejor sustituto es más caro que los CFC? ¿Quién pagará las investigaciones y quién asumirá la diferencia de precio, el consumidor, el Gobierno o la industria química, que nos metió en este atolladero y sacó partido de ello? ¿Proporcionan las naciones industrializadas que se beneficiaron de la tecnología de los CFC una ayuda significativa a los estados en vías de industrialización que no tuvieron esa ventaja? ¿Y si necesitamos 20 años para asegurarnos que el sustituto no causa cáncer? ¿Qué hay de las radiaciones ultravioleta que ahora mismo inciden sobre el océano Antártico? ¿Qué decir de los CFC que siguen produciéndose y que continuarán ascendiendo hasta la capa de ozono hasta el momento de su total prohibición?

Se dispone ya de un sustituto o, mejor dicho, un remedio temporal. Los CFC están siendo provisionalmente reemplazados por los HCFC, moléculas similares pero con átomos de hidrógeno. Por ejemplo:



Siguen siendo dañinos para la capa de ozono, aunque mucho menos; como los CFC, contribuyen significativamente al calentamiento global y, al menos al principio de su producción, resultan más caros. Pero responden a una necesidad inmediata: la protección de la capa de ozono. Los HCFC fueron desarrollados por DuPont, si bien después de los descubrimientos efectuados en la bahía de Halley, o eso jura la empresa.

El bromo es, átomo por átomo, al menos cuarenta veces más activo en la destrucción del ozono estratosférico que el cloro. Por fortuna, resulta mucho más raro que éste. Llega a la atmósfera en halones empleados como extintores de incendios, y en el bromuro de metilo,



empleado para fumigar la tierra y el grano almacenado. Entre 1994 y 1996 las naciones industrializadas acordaron reducir progresivamente la producción de estas sustancias a partir de este último año, pero sin suprimirla del todo hasta el 2030. Dado que no existen sustitutos para los halones, puede surgir la tentación de seguir empleándolos, prohibidos o no. Mientras tanto, un importante reto tecnológico consiste en hallar una solución a largo plazo mejor que los HCFC, quizás otra brillante síntesis de una nueva molécula, o bien algo completamente distinto (por

ejemplo, frigoríficos acústicos carentes de fluidos portadores de peligros sutiles). Aquí hay sitio para la invención y la creatividad. Tanto las ventajas económicas como el beneficio a largo plazo para las especies y el planeta serían considerables. Me gustaría ver empeñada en afán tan meritorio la enorme destreza técnica invertida en los laboratorios de armas nucleares, ahora moribundos tras el final de la guerra fría. Me gustaría saber de ayudas generosas y premios irresistibles para la invención de maneras convenientes, seguras y razonablemente baratas de producir acondicionadores de aire y frigoríficos cuya fabricación resulte accesible también a las naciones en vías de desarrollo.

El Protocolo de Montreal reviste importancia por la magnitud de los cambios acordados, pero sobre todo por su orientación. Lo que quizá resultó más sorprendente fue que se aprobase la prohibición de los CFC cuando aún no estaba claro si existiría una alternativa factible. La conferencia de Montreal fue patrocinada por el Programa Ambiental de las Naciones Unidas, cuyo director, Mostafá K. Tolba, la describió como «el primer tratado verdaderamente global que brinda protección a todo ser humano».

Es estimulante que seamos capaces de reconocer peligros nuevos e inesperados, que la especie humana logre unirse para trabajar en nombre de todos sobre una cuestión semejante, que las naciones ricas estén dispuestas a una participación justa en los costes y que empresas con mucho que perder no sólo cambien de opinión, sino que vean en una crisis de tal calibre nuevas oportunidades de prosperidad. La prohibición de los CFC proporciona lo que en matemáticas se conoce como un teorema de existencia, la demostración de que algo imposible a juzgar por lo que uno sabe puede hacerse de hecho realidad. Hay motivos para un optimismo cauteloso.

El cloro parece haber alcanzado en la estratosfera una proporción máxima de cuatro partes por cada mil millones. La cantidad de cloro está disminuyendo, pero, al menos en parte a causa del bromo, no se espera que la capa de ozono se restablezca pronto.

Evidentemente, aún es demasiado temprano para relajarnos por completo en cuanto a la protección de la capa de ozono. Tenemos que asegurarnos que la fabricación de estos materiales quede interrumpida en todo el mundo casi por completo. Hace falta un mayor esfuerzo investigador para hallar sustitutos seguros. Se necesita un exhaustivo reconocimiento de la capa de ozono a escala global (desde estaciones terrestres, aviones y satélites en órbita\*), al menos tan concienzudo como el que dedicaríamos a un ser querido que sufriese de palpitaciones cardíacas. Tenemos que saber en qué medida las erupciones volcánicas ocasionales, el calentamiento continuado o la introducción de productos químicos nuevos en la atmósfera del planeta imponen nuevas tensiones sobre la capa de ozono.

Poco después de la firma del Protocolo de Montreal comenzaron a descender los niveles de cloro. A partir de 1994 han bajado los niveles estratosféricos de cloro y bromo juntos. Se ha estimado que, si disminuyen también los niveles de bromo por separado, con la llegada del siglo XXI la capa de ozono iniciará una recuperación a largo plazo. Si no se hubiesen establecido controles de CFC hasta el 2010, el cloro habría alcanzado niveles tres veces superiores a los actuales, el agujero de la capa de ozono sobre la Antártida persistiría hasta mediado el siglo XXII y la mengua primaveral del ozono en las latitudes septentrionales medias podría haber alcanzado más del 30 % (una magnitud abrumadora en palabras de Michael Prather, compañero de Rowland en Irvine).

En Estados Unidos sigue habiendo cierta resistencia por parte de las industrias de la refrigeración, de los «conservadores» extremistas y de algunos congresistas republicanos. Tom

---

\* La Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio y la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica de Estados Unidos han desempeñado papeles heroicos en la recogida de datos acerca de la mengua de la capa de ozono y de sus causas. (El satélite *Nimbus-7*, por ejemplo, detectó un incremento del 10 % por década en las longitudes de onda de la banda ultravioleta más peligrosas sobre el sur de Chile y Argentina, y aproximadamente de la mitad en las latitudes septentrionales medias donde vive la mayoría de los habitantes de la Tierra.) Un nuevo programa de satélites de la NASA seguirá vigilando durante una década o más el ozono y los fenómenos atmosféricos anejos. Mientras tanto, Rusia, Japón, los miembros de la Agencia Espacial Europea y otros países aportan a la tarea sus propios programas y vehículos espaciales. También conforme a estos criterios, parece que la especie humana está tomando en serio la amenaza de la disminución del ozono.

DeLay, líder de la mayoría republicana en la Cámara de Representantes, consideraba en 1996 que «la ciencia que subyace tras la prohibición de los CFC es discutible» y que el Protocolo de Montreal es «el resultado del pánico suscitado por los medios de comunicación». John Doolittle, otro representante republicano, insistía en que el vínculo causal entre la mengua de ozono y los CFC «sigue estando muy abierto al debate». En respuesta a un periodista que le recordó el talante crítico y escéptico con que los expertos habían revisado todos y cada uno de los artículos que establecieron ese vínculo, Doolittle replicó: «No voy a enredarme en revisar a fondo una superchería.» Para el país sería mejor que lo hiciera. La revisión crítica a fondo es, de hecho, el gran detector de supercherías. El juicio de la comisión Nóbel fue diferente. Al conceder el premio a Rowland y Molina —cuyos nombres debería conocer todo escolar— los alabó por haber «contribuido a salvarnos de un problema ambiental global que podría haber tenido consecuencias catastróficas». Es difícil entender cómo pueden oponerse los «conservadores» a salvaguardar el entorno del que depende la vida de todos nosotros, incluidos ellos mismos y sus hijos. ¿Qué es exactamente, pues, lo que están conservando los conservadores?

Los elementos cruciales de la historia del ozono son como los de muchas otras amenazas ambientales. Comenzamos vertiendo alguna sustancia en la atmósfera. No examinamos a conciencia su impacto ambiental porque el estudio sería caro o retrasaría la producción y menguaría los beneficios, o porque los responsables no quieren escuchar argumentos en contra, o porque no se ha recurrido al mejor talento científico, o sencillamente porque somos humanos y falibles y se nos ha pasado algo por alto. Entonces, de repente, nos enfrentamos con un peligro por completo inesperado y de dimensiones planetarias que quizá manifieste sus consecuencias más ominosas al cabo de décadas o siglos. No cabe resolver el problema localmente o a corto plazo.

En todos los casos la lección es clara. No siempre somos lo bastante inteligentes o prudentes para prever todas las consecuencias de nuestras acciones. La invención de los clorofluorocarbonos fue un logro brillante, pero por muy ingeniosos que pareciesen en su momento los químicos responsables no lo fueron lo suficiente. Los CFC eran inertes hasta el punto de sobrevivir para alcanzar la capa de ozono. El mundo es complejo. El aire, tenue. La naturaleza, sutil. Nuestra capacidad de hacer daño, grande. Debemos ser más cuidadosos y menos tolerantes en lo que a la contaminación de este frágil planeta se refiere.

Tenemos que alcanzar cotas significativamente superiores de higiene planetaria y de recursos científicos destinados a observar y entender el mundo. Debemos empezar a pensar y actuar no sólo en términos de nuestro país y de nuestra generación (y mucho menos de los beneficios de una determinada industria) sino en interés del vulnerable planeta Tierra en su totalidad y de las generaciones futuras. El agujero de la capa de ozono es una especie de mensaje escrito en el cielo. Al principio parecía expresar nuestra continuada complacencia ante una poción mágica de peligros mortales, pero quizás exprese en realidad un talento recién hallado para trabajar juntos con el fin de proteger el medioambiente global. El Protocolo de Montreal y sus enmiendas representan un triunfo y un motivo de gloria para la especie humana.

## 11. EMBOSCADA: EL CALENTAMIENTO DEL MUNDO

Apostados están contra sus propias vidas.

*Proverbios, 1: 18*

Hace 300 millones de años la Tierra estaba cubierta de vastos pantanos. Cuando los helechos, equisetos y licopodios murieron, quedaron enterrados bajo el fango. Con el paso de los siglos, sus restos fueron hundiéndose cada vez más y transformándose lentamente en un sólido orgánico y duro que llamamos carbón. En otros lugares y épocas, cantidades inmensas de plantas y animales unicelulares murieron, descendieron al fondo marino y fueron cubiertos por los sedimentos. Tras un extraordinariamente lento proceso de descomposición, sus restos acabaron convirtiéndose en líquidos y gases orgánicos que llamamos petróleo y gas natural. (Una parte del gas natural podría ser primordial, no de origen biológico sino incorporado en la corteza terrestre durante su formación.) Al principio del proceso evolutivo los seres humanos sólo tenían contacto con estos extraños materiales en raras ocasiones en que eran transportados a la superficie terrestre. Se piensa que la filtración de petróleo y gas y su ignición por el rayo están en el origen de la «llama eterna», elemento central de las religiones de la antigua Persia adoradoras del fuego. Marco Polo suscitó la incredulidad de muchos expertos europeos de la época al referir la descabellada historia de que en China se extraían unas rocas negras que ardían cuando se les prendía fuego.

Con el tiempo los europeos reconocieron la utilidad potencial de aquellos materiales de transporte fácil y ricos en energía. Eran mucho mejores que la leña, ya que servían tanto para calentar una casa como para alimentar un horno, poner en marcha una máquina de vapor, generar electricidad, impulsar la industria o hacer funcionar trenes, coches, barcos y aviones. Tenían, además, inestimables aplicaciones militares. Así pues, aprendimos a sacar el carbón de la tierra y a perforar el terreno para hacer brotar el gas y el petróleo profundamente enterrados y comprimidos por el peso enorme de las rocas. Estas sustancias proporcionaron la propulsión que hizo posible nuestra civilización tecnológica global. No es exagerado afirmar que, en cierto sentido, mueven el mundo. Como siempre, sin embargo, hay que pagar un precio.

El carbón, el petróleo y el gas natural reciben el nombre genérico de combustibles fósiles, porque están constituidos fundamentalmente por los restos fósiles de seres que vivieron hace tiempo. La energía química que contienen viene a ser luz solar almacenada, captada en origen por plantas pretéritas. Nuestra civilización funciona a base de quemar los restos de criaturas humildes que poblaron la Tierra centenares de millones de años antes de que entraran en escena los primeros seres humanos. Como si de un tétrico culto caníbal se tratara, subsistimos gracias a los cadáveres de nuestros antecesores y parientes lejanos.

Si pensamos en los tiempos en que el único combustible era la madera, cabe comprender hasta cierto punto los beneficios que los combustibles fósiles nos han proporcionado. Han contribuido también a crear vastas industrias a escala global con un inmenso poder financiero y político; de ellos dependen asimismo industrias total o parcialmente subsidiarias (en el primer caso, coches, aviones, etc.; en el segundo, productos químicos, fertilizantes, etc.). Esa dependencia implica que las naciones llegarán hasta donde sea en su afán de conservar sus fuentes de abastecimiento. Los combustibles fósiles fueron un factor importante en la gestación de las dos Guerras Mundiales. La agresión del Japón al inicio de la Segunda Guerra Mundial se explicó y justificó sobre la base de que estaba obligado a salvaguardar sus fuentes de petróleo. Un ejemplo más cercano de que la importancia política y militar de los combustibles fósiles sigue siendo considerable lo constituye la guerra del Golfo Pérsico, en 1991.

Cerca del 30 % de todas las importaciones norteamericanas de petróleo proceden del Golfo Pérsico. Hay meses en que Estados Unidos importa más de la mitad del crudo que consume, lo que representa más del 50 % del déficit de su balanza de pagos. Estados Unidos destina mil millones de dólares por semana, como mínimo, a dichas importaciones. China, con su creciente demanda de automóviles, podría alcanzar el mismo nivel a principios del siglo XXI. Cifras similares se aplican a Europa occidental. Los economistas proponen modelos en los que el incremento del precio del petróleo genera inflación, subida de los tipos de interés, reducción de la inversión en nuevas industrias, paro y recesión económica. Quizá nunca se hagan realidad, pero todo esto es una posible consecuencia de nuestra adicción al petróleo, que empuja a las

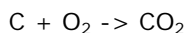
naciones a adoptar políticas que de otro modo serían consideradas inmorales y temerarias. Considérese al respecto el siguiente comentario hecho en 1990 por el columnista Jack Anderson, que expresa una opinión muy difundida: «Por impopular que resulte la idea, Estados Unidos debe seguir siendo el gendarme del mundo. En un plano puramente egoísta, los norteamericanos necesitan lo que el mundo posee, y la necesidad preeminente es el petróleo.» Según Bob Dole, entonces líder de la minoría en el Senado, la guerra del Golfo —que puso en peligro las vidas de 200.000 jóvenes estadounidenses— fue emprendida «sólo por una razón: el petróleo».

A la hora en que escribo, el coste nominal del barril de crudo es de casi veinte dólares, mientras que las reservas certificadas o «confirmadas» de petróleo alcanzan casi un billón de barriles. Veinte billones de dólares es cuatro veces la deuda nacional de Estados Unidos, la mayor del mundo. Oro negro, desde luego.

La producción global de petróleo alcanza los 20.000 millones de barriles anuales, de manera que cada año consumimos cerca del 2 % de las reservas confirmadas. Uno podría pensar que las agotaremos pronto, quizás en los próximos 50 años. Sin embargo, seguimos hallando nuevas reservas. Las predicciones de que nos quedaríamos sin petróleo para tal o cual fecha se han demostrado infundadas. Es verdad que la cantidad de petróleo, gas natural y carbón en el mundo es finita, pero parece improbable que vayamos a agotar los combustibles fósiles pronto. El único problema es que resulta cada vez más caro encontrar reservas inexploradas, que la economía mundial puede sufrir un colapso si cambian de golpe los precios del petróleo, y que los países están dispuestos a guerrear para conseguirlo. También, existe, naturalmente, el coste ambiental.

El precio que pagamos por los combustibles fósiles no se mide sólo en dólares. Las «fábricas satánicas» de la Inglaterra de los primeros años de la Revolución Industrial contaminaron el aire y causaron una epidemia de enfermedades respiratorias. La niebla londinense, popular gracias a las dramatizaciones de Holmes y Watson, Jekyll y Hyde y Jack el Destripador y sus víctimas, era una letal contaminación de origen doméstico e industrial, en buena parte debida a la combustión de carbón. Hoy los automóviles emiten gases de escape y las ciudades están plagadas de *smog*, que afecta la salud, la felicidad y la productividad de las mismas personas que generan los contaminantes. Sabemos también de la lluvia ácida y de las catástrofes ecológicas causadas por los vertidos de petróleo. Sin embargo, la opinión predominante siempre ha sido que tales azotes a nuestra salud y al medio ambiente quedaban más que compensados por los beneficios que aportaban los combustibles fósiles.

Ahora, sin embargo, los gobiernos y pueblos de la Tierra son cada vez más conscientes de otra peligrosa consecuencia del uso de combustibles fósiles: al quemar carbón, petróleo o gas natural estamos combinando el carbono del combustible fósil con el oxígeno del aire. Esta reacción química libera una energía encerrada durante quizá 200 millones de años. Ahora bien, al combinar un átomo de carbono, C, con una molécula de oxígeno, O<sub>2</sub>, se forma también una molécula de dióxido de carbono, CO<sub>2</sub>,



y el CO<sub>2</sub> es uno de los gases responsables del efecto invernadero.

¿Qué es lo que determina la temperatura media de la Tierra, el clima planetario? La cantidad de calor que emana del centro de la Tierra es despreciable en comparación con la que llega a su superficie procedente del Sol. Si éste se apagase, la temperatura del planeta descendería tanto que el aire se congelaría, y la Tierra quedaría cubierta por una capa de nieve de nitrógeno y oxígeno de unos diez metros de espesor. Sabemos cual es la cantidad de luz solar que incide sobre el planeta y lo caliente; ¿podemos calcular entonces cuál debería ser la temperatura media de la superficie terrestre? De hecho, se trata de un cálculo fácil, tanto que se enseña en cursos elementales de astronomía y meteorología (otro ejemplo del poder y la belleza de la cuantificación).

La cantidad de luz solar absorbida por la Tierra tiene que igualar, por término medio, la energía devuelta al espacio.

Por lo común no pensamos que el planeta irradia energía al espacio, y cuando volamos de noche no vemos relucir el suelo en la oscuridad (excepto sobre las ciudades), pero esto es porque sólo

percibimos la luz visible ordinaria, a la que son sensibles nuestros ojos. Si mirásemos más allá de la luz roja, dentro de la banda infrarroja térmica del espectro —unas veinte veces la longitud de onda de la luz amarilla—, veríamos brillar la Tierra con una luz infrarroja propia, fantasmal y fría, más en el Sahara que en la Antártida, más de día que de noche. No se trata de luz solar reflejada, sino del propio calor del planeta. Cuanta más energía le llegue a la Tierra procedente del Sol, más energía irradiará aquélla al espacio. Cuanto más caliente esté el planeta, más relucirá en la oscuridad.

Lo que determina el calor terrestre depende de la fuerza del Sol y de la reflectancia del planeta. (Todo lo que no es reflejado al espacio es absorbido por el suelo, las nubes y el aire. Si la Tierra fuese perfectamente reflectante, los rayos del Sol no la calentarían.) La mayor parte de la luz solar reflejada sí está en la parte visible del espectro. Igualemos, pues, la entrada (que depende de cuánta luz solar absorbe el planeta) y la salida (que depende de la temperatura de la Tierra), equilibremos las dos partes de la ecuación y tendremos la temperatura predicha del planeta. ¡Facilísimo! ¡No podría serlo más! Echemos cuentas; ¿cuál es la respuesta?

Nuestros cálculos nos dicen que la temperatura media de la Tierra debería ser de unos 20 °C bajo cero. Los océanos deberían estar helados y todos tendríamos que estar tiesos de frío. La Tierra debería ser un lugar hostil para casi todas las formas de vida. ¿Dónde reside el error?

En realidad no hemos errado en los cálculos; sencillamente hemos dejado algo fuera: el efecto invernadero. Hemos supuesto de manera implícita que la Tierra carece de atmósfera. Aunque el aire es transparente a las longitudes de onda visibles (excepto en lugares como Denver y Los Ángeles), se muestra mucho más opaco en la parte infrarroja térmica del espectro. Esto tiene una gran significación. Algunos de los gases en el aire que nos rodea —dióxido de carbono, vapor de agua, ciertos óxidos de nitrógeno, metano y clorofluorocarbonos— absorben mucha luz infrarroja, aunque sean completamente transparentes a la luz visible. Si se coloca una capa de esa materia sobre el suelo, la luz solar visible sigue entrando, pero cuando la superficie la irradia en forma de luz infrarroja, es absorbida por la manta de gases (transparente a la luz visible, semiopaca a la infrarroja) en vez de dispersarse en el espacio.

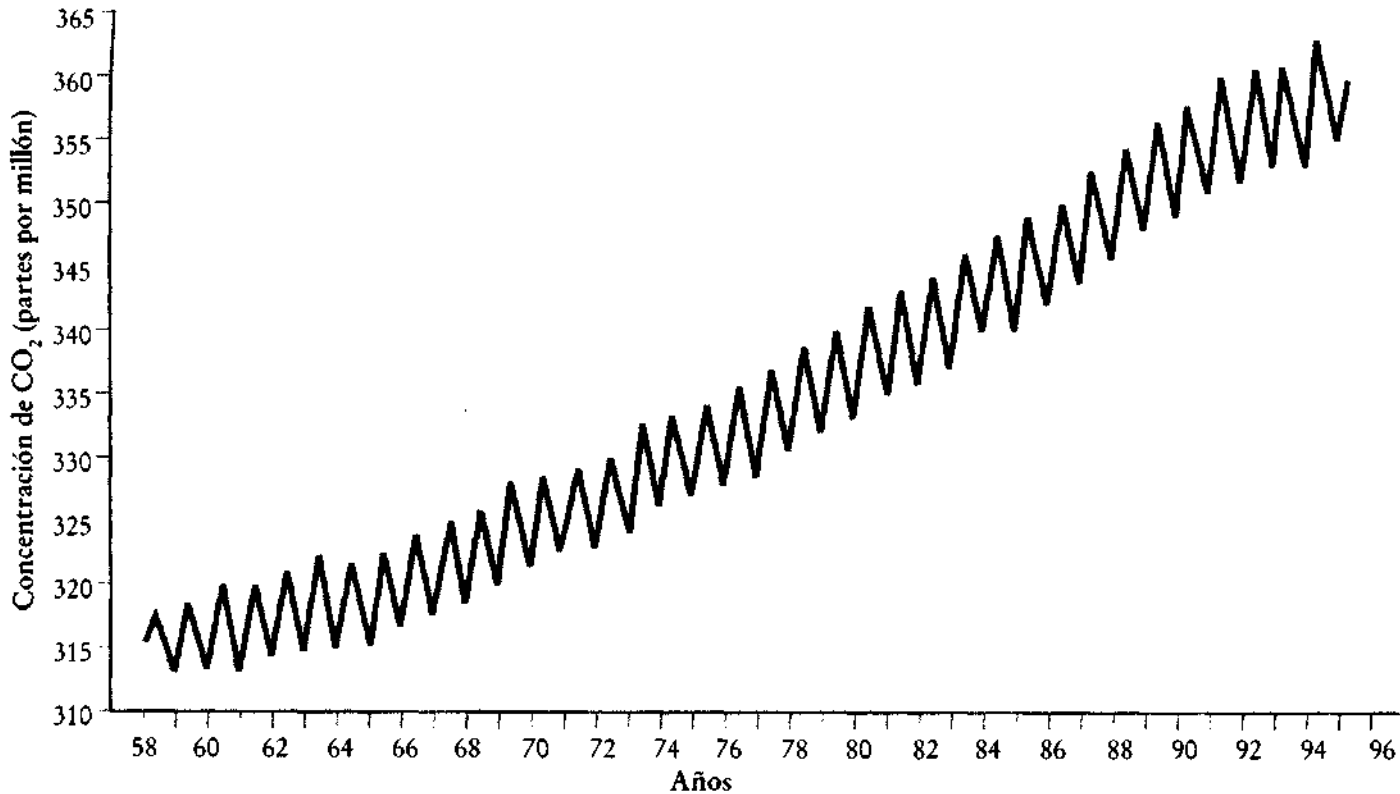
Como resultado, la Tierra tiene que calentarse algo para lograr el equilibrio entre la luz solar incidente y la radiación infrarroja emitida. Si calculamos el grado de opacidad de esos gases en el infrarrojo y cuánto calor planetario interceptan, tendremos la respuesta adecuada. Así descubrimos que, por término medio (tomando en consideración las estaciones del año, las latitudes y los momentos del día) la superficie terrestre debería estar a unos 13 °C sobre cero. Por eso los océanos no se congelan y el clima resulta adecuado para nuestra especie y nuestra civilización.

La vida depende de un equilibrio delicado de gases invisibles que son componentes menores de la atmósfera terrestre. Un poco de efecto invernadero es bueno. Ahora bien, si añadimos más gases de éstos —como hemos estado haciendo desde el inicio de la Revolución Industrial—, absorberán más radiación infrarroja. Estamos haciendo más gruesa la manta, y con ello calentando más la Tierra.

A los políticos y a la gente en general todo esto (gases invisibles, mantas infrarrojas, cálculos de físicos) tal vez les parezca un poco abstracto. ¿Acaso no necesitamos más pruebas de que existe realmente un efecto invernadero y de que su exceso puede ser peligroso antes de tomar decisiones difíciles que suponen un gasto de dinero? En el carácter del planeta más próximo al nuestro, la amable naturaleza nos ha proporcionado un recordatorio aleccionador. Venus se halla un poco más cerca del Sol que la Tierra, pero sus espesas nubes son tan brillantes que, de hecho, absorbe menos luz solar que la Tierra. Al margen del efecto invernadero, su superficie debería ser más fría que la terrestre. Venus tiene un tamaño y una masa parecidos a los de nuestro planeta, de lo que cabría deducir, ingenuamente, que posee un medio ambiente agradable semejante al de aquí y en definitiva adecuado para el turismo. Sin embargo, si enviáramos una nave espacial a través de esas nubes —en buena parte constituidas por ácido sulfúrico— como hizo la Unión Soviética con las sondas espaciales *Venera*, descubriríamos una atmósfera muy densa, formada en su mayor parte por dióxido de carbono, con una presión al nivel de la superficie 90 veces superior a la terrestre. Si asomáramos un termómetro, como hicieron las naves *Venera*, registraríamos una temperatura de unos 470 °C, suficiente para fundir el estaño o el plomo. Esas temperaturas superficiales, superiores a las del horno doméstico más poderoso, se deben al efecto invernadero, en gran medida fruto de la espesa

atmósfera de dióxido de carbono (hay también pequeñas cantidades de vapor de agua y otros gases que absorben el infrarrojo). Venus constituye una demostración práctica de que un incremento en los gases responsables del efecto invernadero puede tener consecuencias desagradables. Es un buen sitio para enseñar a quienes en las tertulias radiofónicas insisten en que el efecto invernadero es un engaño.

Cuanto más aumenta la población humana de la Tierra y se amplían nuestros poderes tecnológicos, más gases que absorben el infrarrojo lanzamos a la atmósfera. Existen procesos naturales que eliminan esos gases del aire, pero estamos produciéndolos a un ritmo tal que estos mecanismos naturales de eliminación se ven superados. A través de la quema de combustibles fósiles por un lado y la destrucción de árboles (que absorben el CO<sub>2</sub> y lo convierten en madera) por otro,



somos responsables de verter cada año al aire 7.000 millones de toneladas de dióxido de carbono.

En el gráfico de la página 139 se puede apreciar el aumento de dióxido de carbono en la atmósfera terrestre registrado en los últimos años. Los datos proceden del observatorio atmosférico de Mauna Loa, en Hawai. Las islas Hawai no están demasiado industrializadas ni han sido escenario de la quema extensiva de bosques (lo que introduce más CO<sub>2</sub> en el aire). El incremento de dióxido de carbono detectado en Hawai con el paso del tiempo procede de actividades a escala planetaria. El dióxido de carbono llega hasta allí transportado por la circulación atmosférica global y cada año se registra una elevación y una disminución del dióxido de carbono. La culpa es de los árboles de hoja caduca, que en verano captan CO<sub>2</sub> atmosférico, pero en invierno, desnudos, dejan de hacerlo. Superpuesta a esa oscilación anual se aprecia de manera absolutamente inequívoca una tendencia creciente a largo plazo. La concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera ha superado ya las 350 partes por millón; es más alta que en cualquier otro momento de la historia de la humanidad. Los incrementos de clorofluorocarbonos han sido los más rápidos —cerca de un 5 % al año— en razón del desarrollo mundial de la industria de los



CFC, aunque ahora comienzan a disminuir<sup>\*</sup>. Por culpa de la agricultura y de la industria, aumentan también otros gases invernadero, como el metano.

Puesto que sabemos en qué medida están aumentando los gases invernadero y afirmamos conocer la opacidad infrarroja resultante, ¿no podríamos calcular el incremento de temperatura en las últimas décadas a consecuencia del aumento de CO<sub>2</sub> y otros gases? Sí podemos, pero tenemos que proceder con cuidado. Debemos recordar que el Sol pasa por un ciclo de 11 años, a lo largo de los cuales cambia un tanto el volumen de energía que emite. Hemos de tener en cuenta que cuando los volcanes entran en erupción inyectan en la estratosfera finas gotitas de ácido sulfúrico, con lo que más luz solar es reflejada hacia el espacio y la Tierra se enfría algo; se ha calculado que una gran erupción es capaz de hacer bajar la temperatura mundial en casi un grado Celsius durante unos cuantos años. Hemos de recordar también que en la atmósfera inferior hay una capa de partículas de azufre procedentes de las chimeneas industriales, que si bien perjudica a las personas, enfría la Tierra. El polvo mineral arrastrado por el viento tiene un efecto similar. Si uno toma en consideración estos factores y muchos más, y echa mano de todos los recursos de que disponen los climatólogos en la actualidad, llegará a la conclusión de que a lo largo del siglo XX, y en razón de la quema de combustibles fósiles, la temperatura media de la Tierra tiene que haber aumentado unas cuantas décimas de grado.

Como es natural, a uno le gustaría comparar este cálculo con los hechos. ¿Ha aumentado siquiera la temperatura terrestre (y especialmente en la medida predicha) durante el siglo XX? Una vez más, tenemos que proceder con cautela. Hay que recurrir a registros de temperaturas lejos de las ciudades, porque en éstas, debido a las industrias y a la relativa ausencia de vegetación, la temperatura es de hecho más alta que en los campos circundantes. Hemos de promediar adecuadamente los registros en latitudes, alturas, estaciones del año y momentos del día distintos. Debemos tener en cuenta la diferencia entre las temperaturas tierra adentro y al lado del agua. Cuando uno hace todo esto, los resultados parecen consecuentes con las expectativas teóricas.

En el transcurso del siglo XX la temperatura de la Tierra ha aumentado algo, menos de 1 °C. En las curvas hay oscilaciones sustanciales, así como ruido de fondo en la señal climática global. Los 10 años más cálidos desde 1860 corresponden todos a la década de los ochenta y comienzos de los noventa del presente siglo, pese al enfriamiento planetario debido a la erupción del volcán Pinatubo en las Filipinas en 1991. El Pinatubo vertió en la atmósfera terrestre entre 20 millones y 30 millones de toneladas de dióxido de azufre y aerosoles. En sólo dos meses esos materiales cubrieron las dos quintas partes de la superficie terrestre, y al cabo de tres, toda ella. Por su violencia, fue la segunda erupción volcánica del siglo (sólo superada por la que se produjo en 1912 en Katmai, en Alaska). Si los cálculos son correctos y no se producen grandes erupciones volcánicas en un futuro inmediato, hacia finales de la década de los noventa debería reafirmarse la tendencia ascendente. En realidad ya lo ha hecho: 1995 fue marginalmente el año más cálido registrado.

Otro modo de comprobar si los climatólogos saben lo que están haciendo consiste en pedirles que realicen determinaciones retrospectivas. La Tierra ha pasado por glaciaciones. Si existen formas de medir las fluctuaciones de la temperatura en el pasado, ¿pueden decirnos algo sobre los climas pretéritos?

El estudio de muestras de hielo extraídas de los casquetes de Groenlandia y la Antártida ha proporcionado importantes descubrimientos acerca de la historia del clima planetario. La tecnología de esas perforaciones deriva directamente de la industria petrolífera; así, los responsables de la extracción de combustibles fósiles de las entrañas de la Tierra han hecho una contribución importante para desvelar los peligros de tal proceder. Un minucioso examen físico y químico de esas muestras revela que la temperatura planetaria y la cantidad de CO<sub>2</sub> ascienden y descienden a la par: cuanto más CO<sub>2</sub>, más caliente está el planeta. Los mismos modelos informáticos empleados para comprender las tendencias de la temperatura global en las últimas décadas reproducen correctamente el clima de las eras glaciales a partir de las fluctuaciones en los gases invernadero en épocas anteriores. (Obviamente, nadie está diciendo que hubiese

---

\* Una vez más, como los CFC reducen la capa de ozono y simultáneamente contribuyen al calentamiento global, ha habido cierta confusión entre dos efectos sobre el medio ambiente muy diferentes.

civilizaciones preglaciares que condujeran coches de combustión deficiente y vertiesen en la atmósfera enormes cantidades de gases invernadero; una cierta parte de la variación en el volumen de CO<sub>2</sub> es de origen natural.)

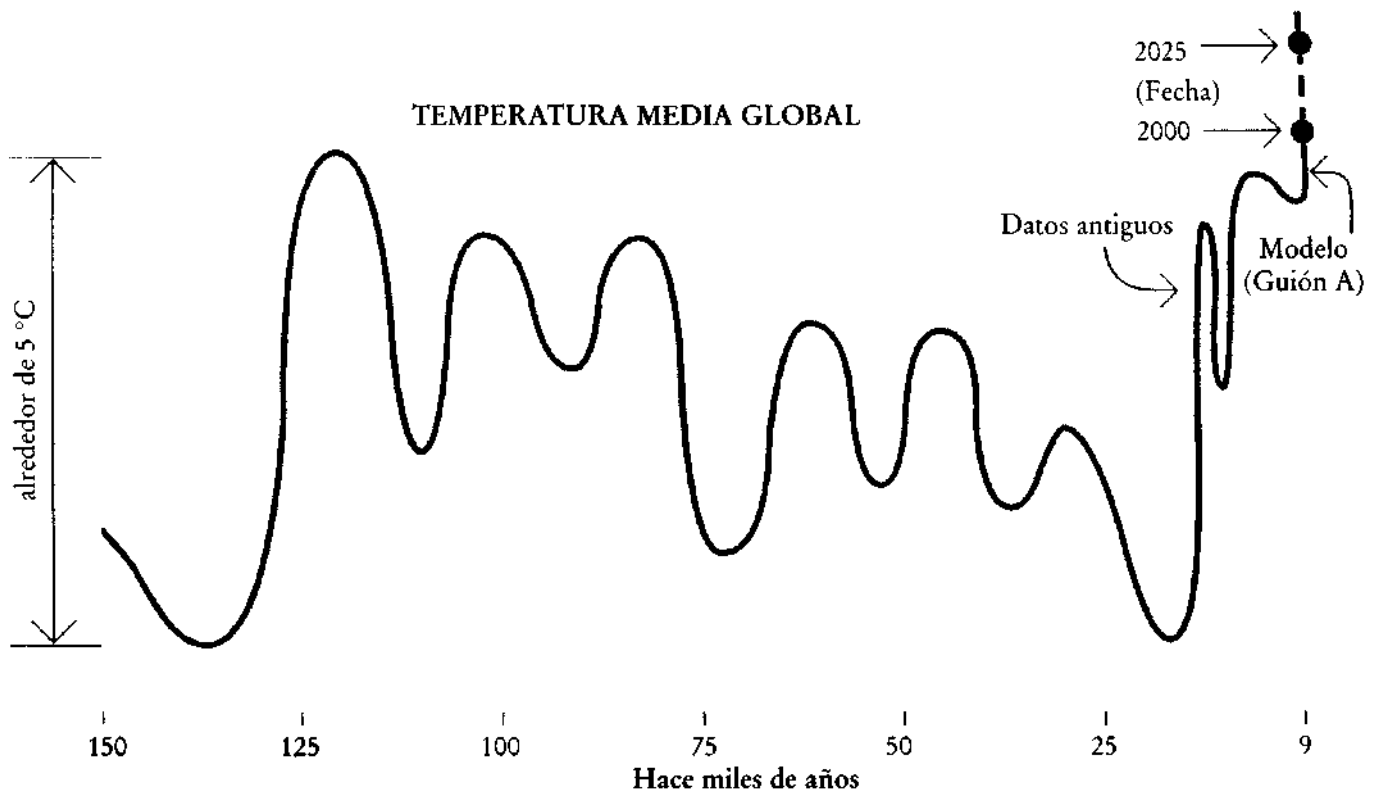
En los últimos centenares de miles de años la Tierra ha sufrido diversas glaciaciones. Hace 20.000 años, lo que hoy es Chicago se hallaba cubierto por una capa de hielo de kilómetro y medio de espesor. Ahora estamos entre dos glaciaciones, en lo que se llama un periodo interglaciar. La diferencia de temperatura media global entre una glaciación y un periodo interglaciar es sólo de entre 3 °C y 6 °C. Esto debería hacer sonar de inmediato los timbres de alarma: un cambio de sólo unos pocos grados puede ser algo sumamente serio.

Con todo este bagaje, que les sirve para calibrar su competencia, los meteorólogos pueden ahora intentar predecir cómo puede cambiar el clima de la Tierra si seguimos quemando combustibles fósiles y vertiendo gases invernadero en la atmósfera a un ritmo frenético. Varios equipos científicos —equivalentes modernos del oráculo de Delfos— han empleado modelos informáticos para calcular el incremento térmico esperado y vaticinar cuánto aumentaría la temperatura global si, por ejemplo, se doblara la cantidad de dióxido de carbono, lo que al ritmo actual de consumo de combustibles fósiles sucederá a finales del siglo XXI. Los principales oráculos son el Laboratorio Geofísico de Dinámica de Fluidos de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA), en Princeton; el Instituto Goddard de Estudios Espaciales de la NASA, en Nueva York; el Centro Nacional de Investigación Atmosférica, en Boulder, Colorado; el Departamento de Energía del Laboratorio Nacional Lawrence Livermore, en California; la Universidad de Oregon; el Centro Hadley de Predicción e Investigación Climáticas, en Gran Bretaña, y el Instituto Max Planck de Meteorología, en Hamburgo. Todos predicen que el incremento de la temperatura media global oscilará entre 1 °C y 4 °C.

Se trata del cambio climático más rápido observado desde que apareció la civilización. Si el aumento es el mínimo estimado, por lo menos las sociedades desarrolladas e industriales podrán adaptarse, no sin esfuerzo, al cambio de circunstancias. Si el aumento es el máximo estimado, el mapa climático de la Tierra se alterará de modo espectacular y las consecuencias quizá sean catastróficas para todas las naciones, tanto ricas como pobres. En buena parte del planeta los bosques y la vida salvaje están confinados en zonas aisladas, y no podrán trasladarse cuando cambie el clima. Se acelerará considerablemente la extinción de especies. Habrá que realizar grandes desplazamientos de cultivos y poblaciones.

Ninguno de los equipos citados afirma que se enfriará la Tierra si se dobla el contenido de dióxido de carbono en la atmósfera. Ninguno asegura que el planeta se calentará en decenas o centenares de grados. Disfrutamos de una ventaja negada a muchos de los antiguos griegos: podemos acudir a diversos oráculos y comparar sus profecías. Al hacerlo, observamos que todos vienen a decir más o menos lo mismo. De hecho, las respuestas coinciden con los oráculos más antiguos sobre la materia, incluido el químico sueco Svante Arrhenius, premio Nóbel, quien a principios de siglo ya hizo una predicción similar, con un conocimiento mucho más limitado de la absorción infrarroja del dióxido de carbono y de las propiedades de la atmósfera terrestre. La física empleada por todos estos grupos de investigación predice correctamente la temperatura presente de la Tierra, así como los efectos invernadero en otros planetas como Venus. Claro está que podría haber algún error simple que todo el mundo haya pasado por alto. Aun así, es seguro que estas profecías concordantes merecen ser tomadas muy en serio.

Existen otros signos inquietantes. Investigadores noruegos han dado cuenta de una disminución de la superficie de la banquisa ártica desde 1978. En el mismo periodo se han advertido enormes grietas en la plataforma antártica de Wor-



die. En enero de 1995, un fragmento de hielo de 4.200 kilómetros cuadrados se desprendió de la plataforma de Larsen para penetrar en el océano Antártico. En toda la Tierra se ha registrado un retroceso notable de los glaciares alpinos. Aumentan en el mundo entero los episodios de temperaturas extremas. El nivel del mar sigue ascendiendo. Por sí misma, ninguna de estas tendencias es una prueba concluyente de la responsabilidad de las actividades de nuestra civilización, pero, juntas, resultan muy inquietantes.

Cada vez son más numerosos los expertos que se adhieren a la conclusión de que en el calentamiento global se adivina la «firma» del hombre. En 1995, representantes de los 25.000 científicos del Foro Intergubernamental sobre Cambio Climático dedujeron, tras un estudio exhaustivo, que «el balance de las pruebas sugiere que existe una influencia humana discernible sobre el clima». Aunque todavía no esté «más allá de toda duda razonable», dice Michael MacCracken, director del programa estadounidense de investigación acerca del cambio global, la evidencia «es cada vez más convincente». «Es muy improbable que [el calentamiento observado] responda a una variabilidad natural», señala Thomas Karl, del Centro Nacional de Datos Climáticos, de Estados Unidos. «Hay una probabilidad de entre un 90 % y un 95 % de que no nos estemos engañando.»

La gráfica de la página 145 ofrece una perspectiva muy amplia. A la izquierda está la situación hace 150.000 años; tenemos hachas de piedra y nos sentimos realmente satisfechos de nosotros mismos por haber dominado el fuego. Las temperaturas globales varían con la sucesión de glaciaciones y periodos interglaciares. La amplitud total de las fluctuaciones, desde la temperatura más fría a la más cálida, es de unos 5 °C. Tras el final de la última glaciación, tenemos arcos y flechas, animales domesticados, el origen de la agricultura, la vida sedentaria, armas metálicas, ciudades, fuerzas policiales, impuestos, el crecimiento exponencial de la población, la Revolución Industrial y armas nucleares (la última parte, en el extremo derecho de la curva de trazo continuo, es una estimación). Llegamos al presente, el final de esa línea. La de trazo discontinuo revela algunas proyecciones del rumbo que seguiremos a causa del efecto invernadero. Esta gráfica deja bien claro que las temperaturas que ahora conocemos (o conoceremos muy pronto si prosigue la tendencia actual) no sólo son las más cálidas del último siglo, sino las más elevadas de los últimos 150.000 años. He aquí otra muestra de la magnitud de los cambios globales que estamos generando los seres humanos y de su naturaleza sin precedentes.

El calentamiento global no es en sí mismo causa de mal tiempo, pero sí hace que éste sea más probable. Si bien es verdad que el tiempo inclemente no requiere un calentamiento global, todos los modelos informáticos señalan que éste iría acompañado de un incremento significativo del mal tiempo: graves sequías tierra adentro, grandes frentes tormentosos e inundaciones cerca de las costas, mucho más calor y mucho más frío a escala local, todo ello determinado por un incremento relativamente modesto en la temperatura planetaria media. Esta es la razón de que un enero extremadamente gélido en Detroit, por ejemplo, no constituya una refutación patente del calentamiento global, tal como pretenden algunos editoriales periodísticos. El tiempo inclemente puede resultar muy costoso. Veamos un caso: en 1992, y tras un solo huracán (Andrew), las compañías norteamericanas de seguros tuvieron una pérdida neta de 50.000 millones de dólares. Los desastres naturales cuestan cada año en Estados Unidos más de 100.000 millones de dólares. El total mundial es muy superior.

Los cambios del clima afectan también a los animales y microbios portadores de enfermedades. Se sospecha que los recientes brotes de cólera, malaria, fiebre amarilla, dengue y síndrome pulmonar de hantavirus están relacionados con alteraciones meteorológicas. Según un reciente estudio epidemiológico, el incremento del área terrestre ocupada por zonas tropicales y subtropicales y la consecuente proliferación de mosquitos portadores de la malaria determinará cada año para finales del siglo que viene entre 50 millones y 80 millones de casos más de paludismo. A no ser que se haga algo. Un informe científico de Naciones Unidas declaraba en 1996: «Aunque es probable que el cambio climático ejerza un impacto adverso en la salud de la población, no tenemos la opción habitual de buscar una prueba empírica definitiva antes de tomar medidas. Esperar a ver qué pasa sería, en el mejor de los casos, imprudente, y en el peor, un sinsentido.»

En lo que se refiere al vertido de gases invernadero en la atmósfera, el clima previsto para el siglo xxi depende de que mantengamos el ritmo presente, lo aceleremos o lo reduzcamos. A más gases invernadero, más calor. Aun suponiendo sólo incrementos moderados, parece ser que las temperaturas se elevarán significativamente. Ahora bien, éstas son medias globales; en algunos sitios el tiempo será mucho más frío y en otros mucho más cálido. Cabe prever que en grandes áreas aumentarán las sequías. Muchos modelos predicen que las grandes regiones productoras de alimento en el sur y el sureste asiáticos, en América central y meridional y en el África subsahariana se tornarán más calientes y secas.

Es posible que al principio resulte beneficiada la exportación agrícola de algunas naciones de latitudes medias y altas (Estados Unidos, Canadá y Australia, por ejemplo). El impacto sobre los países pobres será, en cambio, mucho más duro. En este aspecto, como en otros muchos, durante el siglo XXI podría aumentar espectacularmente la disparidad global entre ricos y pobres. Según enseña la historia de las revoluciones, millones de personas con hijos hambrientos y muy poco que perder plantearán un serio problema a los países opulentos.

La posibilidad de una crisis agrícola global precipitada por las sequías comienza a hacerse significativa hacia el 2050.

Algunos científicos creen que es remota —quizá sólo del 10 %—, pero aun así resulta obvio que cuanto más esperemos más probable será. Durante un tiempo a algunas regiones (Canadá, Siberia) quizá les vaya mejor (si el suelo resulta adecuado para la agricultura), por mucho que empeoren las cosas en las latitudes inferiores, pero si esperamos lo suficiente el clima se deteriorará en todo el mundo.

Cuando la Tierra se calienta, el nivel del mar asciende. Es posible que hacia el final del siglo xxi se haya elevado decenas de centímetros, y quizás hasta un metro. Esto se deberá en parte a que el agua del mar se expande al calentarse y en parte a la fusión de los hielos glaciares y polares. Nadie sabe cuándo sucederá, pero según las previsiones llegará un momento en que quedarán por completo sumergidas algunas islas muy pobladas de Polinesia, Melanesia y el océano Índico. Resulta comprensible que se haya constituido una Alianza de Pequeños Estados Isleños resuelta a frenar cualquier incremento ulterior de gases invernadero. También se predicen efectos devastadores sobre Venecia, Bangkok, Alejandría, Nueva Orleans, Miami, la ciudad de Nueva York y, más en general, para las populosas cuencas de los ríos Misissipi, Yangtsé, Amarillo, Rin, Ródano, Po, Nilo, Ganges, Níger y Mekong. Sólo en Bangla Desh, la elevación del nivel del mar desplazaría decenas de millones de personas. Con unas poblaciones en crecimiento, un medio ambiente cada vez más deteriorado y unos sistemas sociales cada vez

más incompetentes para afrontar cambios rápidos, surgirá un nuevo y vasto problema: el de los refugiados ambientales. ¿Adónde se supone que irán? Para China cabe anticipar problemas semejantes. Si seguimos actuando como hasta ahora, la Tierra se calentará más cada año que pase, tanto las sequías como las inundaciones se harán endémicas, muchas ciudades, provincias y hasta naciones enteras quedarán sumergidas bajo las aguas, a no ser que se emprendan colosales obras públicas para evitarlo. A largo plazo, tal vez sobrevengan consecuencias aún peores, incluyendo el colapso de la plataforma del Antártico occidental, que en caso de fundirse provocará otra gran ascensión del nivel del mar y el anegamiento de casi todas las ciudades costeras del planeta.

Los modelos de calentamiento global predicen efectos diferentes —subida de temperatura, sequías, meteorología inestable y elevación del nivel del mar— que se hacen visibles en distintas escalas temporales, de décadas a siglos. Estas consecuencias parecen tan indeseables y su remedio tan costoso que es natural que se hayan realizado esfuerzos serios por encontrar algún fallo argumental. Algunos sólo responden al escepticismo científico habitual ante toda idea nueva; otros están motivados por el afán de lucro de las industrias afectadas. Una cuestión clave es la de la retroacción.

En el sistema climático global son posibles tanto retroacciones positivas como negativas. Las primeras resultan peligrosas. He aquí un ejemplo: la temperatura se eleva algo en *razón* del efecto invernadero y se funde parte del hielo polar; ahora bien, el hielo es más brillante que el mar abierto, de modo que, por obra de esa fusión, la Tierra se oscurece ligeramente, absorbe más luz solar, se funde una cantidad mayor de hielo polar y el proceso se amplifica a sí mismo de manera quizá desenfrenada. Ésta es una retroacción positiva. Veamos otra: un poco más de CO<sub>2</sub> en el aire calienta un tanto la superficie del planeta, incluyendo los océanos; de los mares ahora más cálidos escapa algo más de vapor de agua hacia la atmósfera; el vapor de agua es también un gas invernadero, así que retiene una cantidad mayor de calor y la temperatura se eleva aún más.

Existen también retroacciones negativas. Estas son homeostáticas. Un ejemplo: calentemos algo la Tierra vertiendo en la atmósfera un poco más de dióxido de carbono; como antes, esto inyecta en el aire más vapor de agua, generando más nubes; éstas son blancas, de manera que reflejan más luz solar y, por consiguiente, el planeta se calienta menos. Así pues, el incremento de temperatura acaba determinando su propio descenso. Otra posibilidad: pongamos en la atmósfera un poco más de dióxido de carbono; las plantas se aprovecharán de ello creciendo más deprisa, y de esa manera eliminarán dióxido de carbono del aire, con lo que se reducirá el efecto invernadero. Las retroacciones negativas son como termostatos del clima global. Si fuesen lo bastante enérgicas, tal vez el efecto invernadero se auto limitase y pudiéramos permitirnos el lujo de emular a los oyentes de Casandra sin compartir su destino.

La pregunta es: ¿hacia dónde se inclina la balanza cuando se sopesan las retroacciones positivas y negativas? La respuesta es que nadie está absolutamente seguro. Los cálculos retrospectivos del calentamiento y el enfriamiento globales durante las glaciaciones en respuesta a las fluctuaciones de los gases invernadero proporcionarán la réplica adecuada. En otras palabras: la calibración de los modelos informáticos, forzando su coincidencia con datos históricos, dará cuenta automáticamente de los mecanismos de todas las retroacciones, conocidas e ignoradas, en la maquinaria del clima natural. Por otra parte, dado que la Tierra se ha visto empujada hacia regímenes climáticos desconocidos durante los últimos 200.000 años, podrían darse nuevas retroacciones de las que nada sabemos. Por ejemplo, hay mucho metano secuestrado en ciénagas (responsable de los fantasmales fuegos fatuos) que al calentarse la tierra podría comenzar a burbujear a ritmo creciente. Ese metano adicional elevaría aún más la temperatura del planeta, con lo que tendríamos otra retroacción positiva.

Wallace Broecker, de la Universidad de Columbia, ha señalado que el veloz calentamiento que se produjo hacia el 10.000 a. de C., justo antes de la invención de la agricultura, fue tan abrupto que implica una inestabilidad en el sistema acoplado océano-atmósfera; si el clima de la Tierra es empujado drásticamente en una u otra dirección, tras cruzarse un umbral se produce una especie de «bang» y todo el sistema se precipita hacia un nuevo estado estable. Broecker añade que quizá nos hallemos al borde de otra inestabilidad similar. Esta consideración sólo empeora las cosas, tal vez mucho más.

En cualquier caso, está muy claro que cuanto más rápido cambie el clima, más difícil será que

los sistemas homeostáticos se adapten y estabilicen. Me pregunto si no será más probable que pasemos por alto las retroacciones indeseables antes que las alentadoras. Parece evidente que no somos lo bastante sabios para preverlo todo; creo que es improbable que nos salve la suma de todo aquello con lo que, por ignorancia, no contamos. Podría ser que sí, pero ¿apostaríamos la vida para averiguarlo?

El vigor y la importancia de las cuestiones ambientales se refleja en las reuniones de las sociedades científicas profesionales; por ejemplo, la Unión Geofísica Americana constituye la mayor organización mundial de especialistas en ciencias. Cuando en 1993 se reunió, como todos los años, una de las sesiones estuvo consagrada a revisar episodios de calentamiento anteriores en la historia del planeta, para tratar de averiguar cuáles podrían ser las consecuencias de una elevación global de la temperatura. Ya la primera ponencia advertía que «al ser tan rápida la tendencia futura de la elevación de temperatura, no existen analogías históricas del calentamiento por efecto invernadero en el siglo XXI». Otras cuatro sesiones de medio día se dedicaron a la merma del ozono y tres a la retroacción nubes-clima. Tres sesiones adicionales se reservaron a estudios más generales sobre los climas del pasado. J. D. Mahlman comenzó su intervención, diciendo: «El descubrimiento de las grandes pérdidas de ozono en la Antártida durante la década de los ochenta fue un acontecimiento que nadie había previsto.» Un documento del Centro Byrd de Investigaciones Polares, dependiente de la Universidad de Ohio, brindó pruebas de un reciente calentamiento planetario en comparación con las temperaturas de los últimos 500 años, obtenidas a partir de muestras de hielo de glaciares de China occidental y Perú.

Considerando lo contenciosa que es la comunidad científica, resulta notable que no se haya publicado un solo artículo que afirme que el adelgazamiento de la capa de ozono o el calentamiento global son quimeras o trapisondas, o que siempre hubo un agujero en la capa de ozono sobre la Antártida, o que el calentamiento global al doblarse el volumen de dióxido de carbono será considerablemente inferior a 1 °C. Son muy altas las recompensas para quienes demuestren que no existe merma de ozono o que el calentamiento global es insignificante. Hay muchas personas y empresas poderosas y ricas que se beneficiarían de una reputación en este sentido. Sin embargo, como indican los programas de las reuniones científicas, se trata, probablemente, de una esperanza vana.

Nuestra civilización técnica se está poniendo a sí misma en peligro. Por todo el mundo los combustibles fósiles degradan simultáneamente la salud del aparato respiratorio humano, la vida en bosques, lagos, litorales y océanos, y el clima del planeta. Es seguro que nadie pretendió causar semejante daño. Los responsables de la industria basada en combustibles fósiles trataban, sencillamente, de obtener un beneficio para sí y para sus accionistas, de ofrecer un producto que todos deseaban y de apoyar el poder militar y económico de las naciones a que pertenecían. El que no supieran lo que hacían, el que sus intenciones fuesen benignas, el que la mayoría de nosotros, habitantes del mundo desarrollado, nos hayamos beneficiado de nuestra civilización basada en combustibles fósiles, el que muchas naciones y generaciones contribuyeran a agravar el problema, son motivos para pensar que no es momento de echar las culpas a nadie. No nos metió en este apuro una sola nación, generación o industria, y no será una sola de ellas la que nos saque de él. Si queremos impedir que este peligro climático tenga efecto, deberemos trabajar juntos y por mucho tiempo. El principal obstáculo es, está claro, la inercia, la resistencia al cambio de las grandes entidades multinacionales industriales, económicas y políticas que dependen de los combustibles fósiles, cuando son éstos los que crean el problema. A medida que crece la conciencia de la gravedad del calentamiento global, en Estados Unidos parece menguar la voluntad política de hacer algo al respecto.

## 12. HUIR DE LA EMBOSCADA

Evidentemente, no experimentará temor quien cree que nada puede sucederle [...]. Sienten miedo aquellos que juzgan probable que algo les pase [...]. Los hombres no piensan así cuando se encuentran o creen hallarse en la plenitud de la prosperidad, y en consecuencia se muestran insolentes, desdeñosos y temerarios [...]. [Pero si] conocen la angustia de la incertidumbre, tiene que haber alguna esperanza de salvación, por exigua que sea.

Aristóteles (384-322 a. de C), *Retórica*, 1382<sup>b</sup>29

¿Qué hacer? Dado que el dióxido de carbono que hemos lanzado a la atmósfera permanecerá allí durante décadas, por muchos que sean los esfuerzos en aras del autocontrol tecnológico, y aun cuando sea posible reducir a ritmo más acelerado la contribución de otros gases al calentamiento global, sólo las generaciones futuras se verán beneficiadas. Tenemos que distinguir entre las medidas a corto plazo y las soluciones a largo plazo, si bien se requieren ambas. Todo indica que debemos pasar tan velozmente como sea posible a una nueva economía energética mundial que no genere tantos gases de invernadero y otros contaminantes. Ahora bien, «tan velozmente como sea posible» significa, como mínimo, décadas, y mientras tanto hemos de aliviar el daño, cuidar de que la transición perjudique lo menos posible el tejido social y económico del mundo para evitar que baje el nivel de vida. Lo único que importa es si conseguiremos gobernar la crisis o si ésta nos gobernará a nosotros.

Según una encuesta Gallup de 1995, casi dos de cada tres norteamericanos se consideran defensores del medioambiente y otorgarían prioridad a la protección de éste sobre el desarrollo económico. La mayoría incluso aceptaría un aumento de los impuestos *si* estuviese encaminado a este fin. Aun así, puede suceder que todo esto sea imposible, que los intereses creados de la industria sean tan poderosos, y tan débil la resistencia del consumidor, que no se produzca ningún cambio significativo en la situación presente hasta que ya sea demasiado tarde, o que la transición hacia una civilización basada en combustibles no fósiles quebrante tanto la ya frágil economía mundial que provoque el caos económico. Hemos de escoger con cautela nuestro camino. Tenemos una tendencia natural a contemporizar: éste es un territorio desconocido, ¿no deberíamos, pues, proceder lentamente? Sin embargo, cuando echamos un vistazo a los mapas del cambio climático previsto comprendemos que no cabe contemporizar, que es una locura avanzar con demasiada lentitud.

Estados Unidos es el mayor emisor planetario de CO<sub>2</sub>. Le sigue en orden de importancia Rusia y otras repúblicas de la ex Unión Soviética. El tercero es el conjunto de los países en vías de desarrollo. Este hecho es muy importante. No se trata de un problema que afecte sólo a las naciones de tecnología avanzada; a través de la quema de rastrojos, del consumo de leña y otras prácticas, los países en vías de desarrollo contribuyen significativamente al calentamiento global. Por si esto fuera poco, ostentan la tasa más alta de crecimiento demográfico. Aunque nunca lleguen a alcanzar el nivel de vida del Japón, Australia y Occidente, esas naciones representarán una parte cada vez mayor del problema. En el orden de complicidad siguen Europa occidental, China y, tras ella, Japón, una de las naciones del planeta más eficientes en lo que al empleo de combustibles se refiere. Una vez más, y puesto que la causa del calentamiento global es planetaria, también ha de serlo cualquier solución que se adopte.

La escala del cambio necesario para abordar el meollo del problema es casi aterradora (sobre todo para los políticos interesados especialmente en hacer cosas que los beneficien durante sus mandatos). Si la acción requerida para mejorar las cosas pudiera concentrarse en programas de dos, cuatro o seis años, los políticos se mostrarían más dispuestos, porque entonces podrían sacar partido de ello a la hora de presentarse a la reelección. Pero los programas a 20, 40 o 60 años, cuyos beneficios se dejarán ver cuando esos políticos no sólo hayan dejado de ocupar sus cargos sino que estén muertos, resultan muy poco atractivos.

Tenemos que ser, por supuesto, cautelosos; debemos evitar precipitarnos como Creso para descubrir después de un enorme desembolso que hemos logrado algo innecesario, estúpido o peligroso. Pero más irresponsable todavía es hacer caso omiso de una catástrofe inminente y confiar de manera ingenua que el peligro se esfumará por sí solo. ¿No podemos encontrar una respuesta política a medio plazo que se adecúe a la gravedad del problema sin arruinarnos en caso de que por alguna razón —una retroacción negativa *deus ex machina*, por ejemplo—

hayamos sobreestimado esa gravedad?

Imaginemos que tenemos que levantar un puente o un rascacielos. Tales construcciones suelen hacerse de modo que sean capaces de resistir tensiones mucho mayores que las que probablemente tendrán que soportar. ¿Por qué? Pues porque las consecuencias del derrumbamiento de un puente o un rascacielos son tan graves que hay que tener una seguridad. Necesitamos garantías muy sólidas. Opino que es preciso adoptar el mismo enfoque para los problemas medioambientales locales, regionales y globales. Aquí, como ya he dicho, tropezamos con una gran resistencia, en parte porque se requiere un gran desembolso del Gobierno y la industria. Es por ello que asistiremos a crecientes tentativas de poner en tela de juicio el calentamiento global. Sin embargo, también hace falta dinero para apuntalar puentes y reforzar rascacielos; consideramos que eso forma parte del coste de construir a lo grande. A los arquitectos y constructores que escatiman gastos y no toman las debidas precauciones no se les considera capitalistas prudentes por no gastar dinero en contingencias improbables: se les considera delincuentes. Si hay leyes para garantizar que no se desplomen puentes y rascacielos, ¿no debería haber leyes y preceptos morales que afectasen a las cuestiones medioambientales, mucho más graves en potencia?

Quiero brindar ahora algunas sugerencias prácticas relacionadas con el cambio climático. Creo que representan el consenso de gran número de expertos, aunque, sin duda, no de todos. Constituyen sólo un comienzo, un intento de mitigar el problema, pero con un grado de seriedad apropiado. Dar marcha atrás y conseguir que el clima de la Tierra vuelva a ser el que era, por ejemplo, en la década de los sesenta resultará mucho más difícil. Las propuestas que ofrezco son también moderadas en otro aspecto: hay razones excelentes para llevarlas a cabo, al margen de la cuestión del calentamiento global.

Mediante una observación sistemática del Sol, la atmósfera, las nubes, las tierras y los océanos desde el espacio, aviones, barcos y observatorios terrestres, con una amplia gama de sistemas de detección, podríamos disminuir la incertidumbre actual, identificar posibles bucles retroactivos, observar pautas regionales de contaminación y sus efectos, apreciar el retroceso de los bosques y la expansión de los desiertos, vigilar los cambios en los casquetes polares, los glaciares y el nivel de los océanos, examinar la química de la capa de ozono, observar la difusión de los escombros volcánicos y sus consecuencias climáticas y escrutar las fluctuaciones de la cantidad de luz solar que llega a la Tierra. Nunca antes hemos dispuesto de instrumentos tan poderosos para estudiar y salvaguardar el medioambiente global. Aunque están a punto de entrar en liza naves espaciales de muchas naciones, el primero de tales instrumentos es el sistema robótico de observación terrestre de la NASA, incluido en la Misión al Planeta Tierra.

Cuando se añaden a la atmósfera gases invernadero, el clima de la Tierra no reacciona de forma instantánea, sino que, según parece, tarda aproximadamente un siglo en sentir dos tercios del impacto potencial. Así pues, aunque detuviéramos mañana mismo todas las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases, el efecto invernadero seguiría aumentando por lo menos hasta finales del siglo XXI. Esta es una poderosa razón para desconfiar de la actitud de esperar a ver qué pasa.

Durante la crisis petrolífera producida entre los años 1973 y 1979, elevamos los impuestos para reducir el consumo, fabricamos coches más pequeños y redujimos los límites de velocidad. Ahora que sobra petróleo hemos bajado los impuestos, estamos fabricando coches más grandes y hemos elevado los límites de velocidad. No hay ningún atisbo de planes a largo plazo.

Para evitar que siga aumentando el efecto invernadero, el mundo debe reducir en más de la mitad su dependencia de los combustibles fósiles. A corto plazo, mientras sigamos atados a ellos, cabe emplearlos de manera mucho más eficiente. Con sólo el 5 % de la población del planeta, Estados Unidos gasta casi el 25 % de la energía mundial. Los automóviles son responsables de casi una tercera parte de la producción de CO<sub>2</sub> en Norteamérica. Nuestro vehículo emite al año un peso de CO<sub>2</sub> superior al suyo propio. Está claro que arrojaremos menos dióxido de carbono a la atmósfera si podemos hacer más kilómetros por litro de gasolina.

Casi todos los expertos coinciden en señalar que es posible mejorar grandemente la eficiencia en el uso de combustibles. ¿Por qué nosotros, que presumimos de ecologistas, nos contentamos con coches que recorren menos de 10 kilómetros por litro de gasolina? Si consiguiéramos autonomías de 20 kilómetros por litro inyectaríamos la mitad de CO<sub>2</sub> en el aire, y si fueran de 40 kilómetros por litro, sólo una cuarta parte. Ésta es una muestra del conflicto emergente entre



lograr un beneficio máximo a corto plazo y mitigar el daño ambiental a largo plazo.

Nadie comprará los coches de bajo consumo, solían decir los fabricantes de Detroit; tendrán que ser más pequeños y por lo tanto menos seguros; no acelerarán con la misma rapidez (aunque, desde luego, podrían superar los límites de velocidad) y costarán más. Sí, es cierto que desde mediados de la década de los noventa los norteamericanos se decantan cada vez más por coches y camiones que se tragan la gasolina a grandes velocidades, en parte por el bajo precio del petróleo. No es extraño, pues, que la industria automovilística estadounidense se opusiera y siga oponiéndose por vías indirectas a cualquier cambio significativo. En 1990, por ejemplo, tras grandes presiones por parte de los fabricantes, el Senado rechazó (por estrecho margen) una ley que habría exigido mejoras apreciables en la eficiencia del consumo en los automóviles norteamericanos, y entre los años 1995 y 1996 se relajaron en algunos estados las disposiciones ya existentes respecto al empleo eficiente de combustibles.

Sin embargo, hacer coches más pequeños no es la única solución posible, y hay modos de lograr que incluso los de menor tamaño sean más seguros (como nuevas estructuras que absorban los choques, componentes que se desmenucen o reboten, y *airbag* para todos los asientos). Dejando de lado a los muchachos intoxicados por su propia testosterona, ¿qué podemos perder olvidándonos de la capacidad de superar el límite de velocidad en unos segundos, en comparación con lo mucho que tenemos que ganar? Hay ya coches con motor de gasolina y aceleración rápida con una autonomía de 20 o más kilómetros por litro. Puede que su precio sea más caro pero saldrán más baratos en cuanto a consumo de combustible. Según una estimación del Gobierno estadounidense, el gasto adicional quedaría compensado en sólo tres años. La afirmación de que nadie adquirirá esos vehículos subestima la inteligencia y la preocupación medioambiental de los norteamericanos..., así como el poder de la publicidad al servicio de un objetivo tan meritorio.

Se establecen límites de velocidad, se exigen permisos de conducir y se imponen muchas otras restricciones con objeto de salvar vidas. Se reconoce que los automóviles son tan peligrosos en potencia que es obligación del Gobierno fijar ciertos límites en lo que a su fabricación, su mantenimiento y su conducción se refiere. Esto es aún más aplicable al calentamiento global, una vez que admitamos su gravedad. Nos hemos beneficiado de nuestra civilización global; ¿no podemos cambiar ligeramente de conducta para preservarla?

El diseño de un tipo de automóvil nuevo, seguro, de consumo eficiente, limpio y que tenga en cuenta el efecto invernadero promoverá tecnologías novedosas y reportará grandes ingresos a quienes encabezen ese avance técnico.

El mayor peligro que amenaza a la industria automovilística norteamericana es que, si se resiste demasiado tiempo, la nueva tecnología requerida será proporcionada (y patentada) por la competencia extranjera. Los fabricantes tienen una motivación egoísta para desarrollar vehículos nuevos que tengan en cuenta el efecto invernadero: su propia supervivencia. No es una cuestión de ideología o un prejuicio político; en mi opinión, se deduce directamente del calentamiento global.

Las tres grandes empresas automovilísticas radicadas en Detroit —azuzadas y en parte financiadas por el Gobierno federal— tratan, perezosa pero cooperativamente de obtener un coche que recorra más de 30 kilómetros por litro de gasolina, o su equivalente para vehículos que consuman otro combustible. Si subieran los impuestos sobre la gasolina aumentarían las presiones sobre los fabricantes para que produjesen coches más eficientes.

Últimamente han empezado a cambiar algunas actitudes. General Motors ha estado desarrollando un coche eléctrico. «Uno debe incorporar a su negocio sus orientaciones medioambientales», aconsejó en 1996 Dennis Minano, vicepresidente para asuntos corporativos de la compañía. «Las empresas norteamericanas comienzan a captar la conveniencia de esta estrategia... El mercado es ahora más complejo. Los consumidores juzgarán en función de las iniciativas ambientales que se tomen y las adoptarán para hacer exitosa la empresa. Dirán: "No vamos a calificarlos de ecologistas, pero sí diremos que han logrado coches menos contaminantes o un buen programa de reciclado; diremos que, en términos medioambientales, son gente responsable."» Retóricamente al menos, es una actitud nueva. Pero sigo esperando ese sedán GM asequible que haga 30 kilómetros por litro de gasolina.

¿Qué es un coche eléctrico? Uno lo enchufa, carga la batería y lo pone en marcha. Los mejores,

fabricados en fibra de carbono, recorren unos cuantos centenares de kilómetros por carga, y han superado las pruebas habituales de siniestralidad. Para ser aceptables desde el punto de vista ambiental, tendrán que reemplazar de algún modo las baterías de plomo y ácido, ya que el plomo es un veneno mortal. Además, como es natural, la carga que impulsa un coche eléctrico tiene que venir de alguna parte; si, por ejemplo, procede de una central térmica que queme carbón, no habremos hecho nada para mitigar el calentamiento global, con independencia de que el vehículo contribuya a reducir la contaminación en ciudades y carreteras.

Cabe introducir mejoras semejantes en el resto de la economía de combustibles fósiles: es posible aumentar considerablemente la eficiencia de las fábricas que queman carbón, diseñar una gran maquinaria industrial rotatoria que opere a diferentes velocidades, y generalizar el uso de lámparas fluorescentes en detrimento de las incandescentes. En muchos casos, las innovaciones significarán un ahorro de dinero a largo plazo y contribuirán a liberarnos de una peligrosa dependencia del petróleo. Hay buenas razones para incrementar la eficiencia en el uso de los combustibles, al margen de la preocupación por el calentamiento global.

Sin embargo, a largo plazo no basta con aumentar la eficiencia con que extraemos la energía de los combustibles fósiles. Con el paso del tiempo seremos cada vez más y crecerán las exigencias de energía. ¿No es posible encontrar alternativas a los combustibles fósiles que no produzcan gases invernadero, que no calienten el planeta? Una de dichas alternativas es bien conocida: la fisión nuclear (que no libera la energía química atrapada en los combustibles fósiles, sino la energía nuclear encerrada en el corazón de la materia). No hay automóviles ni aviones nucleares, pero sí navíos y, desde luego, centrales nucleares. En circunstancias ideales, el coste de la electricidad generada por energía nuclear es aproximadamente el mismo que el de la generada quemando carbón o petróleo, y las centrales nucleares no generan gases invernadero. Sin embargo...

Como nos recuerdan los accidentes de Three Miles Island y Chernobil, las centrales nucleares pueden liberar una peligrosa radiactividad, e incluso fundirse. Además, producen un brebaje infernal de desechos radiactivos de larga vida —en sentido literal— que es preciso eliminar. No olvidemos que la vida media de muchos de los radioisótopos es de siglos a milenios. Si queremos enterrar ese material, tenemos que asegurarnos de que no haya filtraciones que lo transporten a las aguas subterráneas o nos dé alguna otra sorpresa; y no sólo por unos años, sino durante periodos bastante más prolongados que los hasta ahora considerados para una planificación fiable. De otro modo, estaremos diciendo a nuestros descendientes que los desechos que les legamos constituyen una carga y un peligro *para ellos*, porque no pudimos hallar un medio más seguro de generar energía, que es, precisamente, lo que ahora mismo estamos haciendo con los combustibles fósiles. Existe, además, otro problema: la mayor parte de las centrales nucleares usan o producen uranio y plutonio, que pueden ser empleados para la fabricación de armas atómicas, y representan, por lo tanto, una tentación continua para naciones malignas y grupos terroristas.

Si quedasen resueltas estas cuestiones de seguridad operativa, eliminación de desechos radiactivos y prevención de su desvío armamental, las centrales nucleares podrían ser la solución al problema de los combustibles fósiles, o al menos un importante remedio temporal, una tecnología de transición hasta que hallemos algo mejor. El problema es que estas condiciones no se han satisfecho adecuadamente, y las perspectivas no parecen muy halagüeñas. No inspiran confianza la violación continuada de las normas de seguridad por parte de la industria nuclear, la ocultación sistemática de las mismas y los fallos en la exigencia del cumplimiento de las normas por parte de la Comisión Reguladora Nuclear estadounidense (en parte debidos a las restricciones presupuestarias). El peso de la evidencia está en contra de la energía nuclear. Pese a estas inquietudes, algunas naciones, como Francia y Japón, han apostado fuerte por la energía nuclear. Mientras tanto, otras, como Suecia, que en un principio la habían autorizado han decidido ahora suprimirla paulatinamente.

En razón de la difundida inquietud del público acerca de la energía nuclear, quedaron cancelados todos los proyectos estadounidenses de construcción de centrales nucleares posteriores a 1973 y no se han proyectado más centrales desde 1978. Las propuestas de nuevos depósitos o lugares de enterramiento de desechos radiactivos son rutinariamente rechazadas por las comunidades afectadas. El brebaje infernal se acumula.

Existe otra clase de energía nuclear, no de fisión —producto de la escisión de núcleos atómicos—

, sino de fusión —producto de su integración—. En principio, las centrales de fusión nuclear podrían funcionar con agua de mar —materia prácticamente inagotable— sin generar gases invernadero ni peligrosos desechos radiactivos, y prescindiendo por completo de uranio y plutonio. Sin embargo, este «en principio» no cuenta. Tenemos prisa. Después de esfuerzos enormes, y contando con una tecnología muy avanzada, hoy por hoy un reactor de fusión apenas conseguiría generar un poco más de energía de la que consume. La perspectiva de la energía de fusión implica sistemas colosales, caros y de alta tecnología. Ni siquiera sus defensores los consideran comercialmente viables hasta dentro de muchas décadas, y el tiempo nos apremia. Es probable que las primeras versiones generen ingentes cantidades de desechos radiactivos, y, en cualquier caso, resulta difícil imaginar que tales sistemas sean la solución para el mundo subdesarrollado.

Me he referido en el último párrafo a la fusión caliente, llamada así por una buena *razón: para*, hacerla factible hay que elevar la temperatura de los materiales en millones de grados, como en el interior del Sol. Algunos han proclamado la posibilidad de la llamada fusión fría, anunciada por vez primera en 1989. El aparato se coloca en una mesa, se introducen ciertos isótopos de hidrógeno, algo de paladio, se hace pasar una corriente eléctrica y, dicen, se obtiene más energía de la invertida, además de neutrones y otros signos de reacciones nucleares. De ser cierto, constituiría la solución ideal para el problema del calentamiento global. Muchos equipos científicos de todo el mundo han estudiado la fusión fría, pero ésta, según el juicio abrumador de la comunidad internacional de físicos, es una ilusión, el producto de una combinación de errores de cálculo, ausencia de experimentos de control adecuados y confusión entre reacciones químicas y nucleares. Esto no quita que siga habiendo unos cuantos equipos de científicos interesados en la fusión fría (el Gobierno japonés, por ejemplo, ha apoyado tales investigaciones a pequeña escala). En todo caso, las reivindicaciones deben ser evaluadas una por una.

Tal vez esté a la vuelta de la esquina una tecnología sutil, ingeniosa e insospechada que proporcione la energía del mañana. Ya ha habido sorpresas antes. Sin embargo, sería temerario apostar por eso.

Debido a muchas causas, los países en vías de desarrollo son especialmente vulnerables al calentamiento global. Tienen menos capacidad para adaptarse a nuevos climas, adoptar nuevos cultivos, construir diques y tolerar sequías e inundaciones. Al mismo tiempo, dependen especialmente de los combustibles fósiles. ¿Acaso no es natural que China —segundo país del mundo en cuanto a reservas de carbón— se base en los combustibles fósiles durante su industrialización exponencial? Si emisarios de Japón, Europa occidental y Estados Unidos fuesen a Pekín para solicitar una limitación del consumo de carbón y petróleo, parece evidente que las autoridades chinas les recordarían que sus naciones no aplicaron ninguna limitación durante su proceso de industrialización. (En cualquier caso, en 1992 la Conferencia de Río sobre el cambio climático, ratificada por 150 países, solicitó del mundo desarrollado que pagara el coste de la limitación de las emisiones de gases invernadero en los países en vías de desarrollo.) Las naciones subdesarrolladas requieren una alternativa barata y de tecnología relativamente simple a los combustibles fósiles.

Ahora bien, si descartamos los combustibles fósiles, la fisión y la fusión nucleares, y la posibilidad de alguna tecnología nueva y exótica, ¿con qué nos quedamos? Durante la administración del presidente Carter se instaló en el tejado de la Casa Blanca un convertidor térmico solar. Por él circularía agua que, calentada por el sol en los días despejados, contribuiría en cierta medida (quizá un 20 %) a satisfacer las necesidades energéticas de la Casa Blanca, incluyendo, supongo, las duchas presidenciales. A más energía proporcionada directamente por el Sol, menos suministro se necesitaría de la red eléctrica local; de esta forma se gastaría menos carbón y petróleo para generar electricidad con que alimentar la red en torno del río Potomac. Sólo proporcionaba una pequeña parte de la energía requerida, no funcionaba mucho en los días nublados, pero era un indicio esperanzador de lo que entonces (y ahora) hacía falta.

Una de las primeras actuaciones de la presidencia de Ronald Reagan consistió en arrancar del tejado de la Casa Blanca el convertidor térmico solar. En cierta forma, fue un acto ideológicamente ofensivo. Renovar el tejado de la Casa Blanca costó lo suyo, y ahora toca pagar la electricidad adicional requerida a diario. Evidentemente, los responsables llegaron a la conclusión de que el beneficio justificaba tal coste, pero ¿qué beneficio y para quién?

Al mismo tiempo se redujo drásticamente (en cerca del 90 %) el apoyo federal a las alternativas

de los combustibles fósiles y la energía nuclear. Durante las administraciones Reagan y Bush se mantuvieron las cuantiosas ayudas oficiales (incluyendo grandes desgravaciones fiscales) a las industrias de combustibles fósiles y nucleares. En esta lista de prestaciones se puede incluir, en mi opinión, la guerra del Golfo Pérsico de 1991. Aunque en ese periodo hubo algunos progresos técnicos en las energías alternativas —a los que contribuyó bien poco el Gobierno estadounidense—, esencialmente perdimos 12 años. Dado que los gases invernadero se acumulan a gran velocidad en la atmósfera y sus efectos persistirán, no teníamos 12 años que perder. Hoy vuelve a aumentar la ayuda oficial a las fuentes de energía alternativas, pero con mucha parsimonia. Sigo esperando a que un presidente vuelva a colocar un convertidor de energía solar en el tejado de la Casa Blanca.

A finales de los años setenta se instauró una desgravación fiscal para fomentar la instalación de calentadores térmicos solares en los hogares. Incluso en zonas donde el cielo permanece nublado durante gran parte del año, los propietarios que se aprovecharon de la reducción cuentan ahora con agua caliente en abundancia por la que no tienen que pagar un solo centavo. La inversión inicial se amortizó en unos cinco años. La administración Reagan eliminó la desgravación fiscal.

Hay toda una gama de otras tecnologías alternativas. El calor terrestre genera electricidad en Italia, Nueva Zelanda y el estado de Idaho.

Siete mil quinientas turbinas accionadas por el viento producen electricidad en el puerto de Altamont, California. En Traverse City, Michigan, los consumidores pagan unos precios algo más altos por energía eléctrica de origen eólico para evitar la contaminación ambiental de las centrales térmicas. Muchos otros residentes están en lista de espera para firmar esos contratos. Considerando los costes ambientales, la electricidad generada por el viento es ahora más barata que la producida quemando carbón. Se estima que la totalidad de la electricidad consumida en Estados Unidos podría provenir de turbinas emplazadas en la décima parte más ventosa de su superficie (principalmente en tierras de explotación ganadera y agrícola). Por añadidura, el combustible elaborado a partir de las plantas verdes («conversión de biomasa») podría sustituir al petróleo sin incrementar el efecto invernadero, porque la vegetación extraería CO<sub>2</sub> del aire antes de ser transformada en combustible.

Desde muchos puntos de vista, sin embargo, pienso que deberíamos desarrollar y apoyar la conversión directa e indirecta de la luz solar en electricidad. La energía solar es inagotable y ampliamente accesible (excepto en comarcas muy nubosas, como la parte alta del estado de Nueva York, donde resido); su conversión requiere pocas piezas móviles y un mantenimiento mínimo, y no genera ni gases invernadero ni desechos radiactivos.

Existe una tecnología solar empleada en todas partes: las centrales hidroeléctricas. El agua se evapora por la acción del calor del Sol, cae en forma de lluvia sobre las tierras altas, desciende en forma de río, llega a una presa y allí mueve una turbina que genera electricidad. El problema es que no hay en el planeta suficientes ríos rápidos, y en muchos países los que resultan accesibles no bastan para satisfacer las necesidades energéticas.

Los automóviles impulsados con energía solar han competido ya en carreras de larga distancia. La energía solar podría emplearse para producir hidrógeno a partir del agua; quemado, el hidrógeno sencillamente regenera agua. Existen desiertos muy grandes en el mundo que podrían aprovecharse de modo ecológicamente responsable para captar luz solar. La energía eléctrico-solar o «fotovoltaica» es utilizada de manera habitual desde hace décadas en las naves espaciales que orbitan en torno a la Tierra o surcan el sistema solar interior. Los fotones inciden sobre la superficie de la célula fotoeléctrica y despiden electrones cuyo flujo acumulativo crea una corriente eléctrica. Se trata de tecnologías prácticas ya en funcionamiento.

¿Cuándo, si es que llega ese momento, la tecnología eléctrico-solar o térmico-solar estará en condiciones de competir con los combustibles fósiles en la producción de electricidad para hogares y oficinas? Las estimaciones modernas, incluyendo las del Departamento de Energía estadounidense, indican que la tecnología solar se pondrá a la altura de los combustibles fósiles en la primera década del siglo que viene. Esto es lo bastante pronto para marcar una diferencia significativa. De hecho, la situación es mucho más favorable. Cuando se comparan costes, se manejan dos clases de libro de contabilidad: uno dedicado al consumo público y otro que revela los costes reales. El del petróleo crudo ha sido en los últimos años de unos veinte dólares por

barril. Pero hay que tener en cuenta que se han destinado fuerzas militares norteamericanas para proteger las fuentes extranjeras de petróleo y se ha otorgado una considerable ayuda exterior a algunas naciones suministradoras. ¿Por qué pretender que esto no forma parte del coste? En razón de nuestro apetito de crudo, seguimos soportando vertidos petrolíferos ecológicamente desastrosos (como el del *Exxon Valdez*). ¿Por qué empeñarnos en negar que eso no forma parte del coste del crudo? Si añadimos tales gastos adicionales, el precio estimado asciende a unos ochenta dólares por barril. Si sumamos los costes medioambientales que tanto a escala local como global supone el empleo de ese petróleo, el auténtico precio podría llegar a centenares de dólares por barril; eso sin contar cuando la protección del crudo suscita una guerra como la del Golfo Pérsico, pues entonces el coste asciende todavía más, y no sólo en dólares.

Siempre que se pretende una estimación justa de costes y beneficios, resulta evidente que para muchos fines la energía solar (junto con el viento y otros recursos renovables) es ya mucho más barata que el carbón, el petróleo o el gas natural. Estados Unidos y las demás naciones industrializadas deberían estar invirtiendo grandes sumas en el perfeccionamiento de la tecnología solar y en la instalación de grandes conjuntos de convertidores solares. Sin embargo, todo el presupuesto anual del Departamento de Energía para esta tecnología equivale al precio de uno o dos aviones de gran rendimiento destacados en el exterior para proteger fuentes de petróleo.

La inversión actual en la eficiencia de los combustibles fósiles o en fuentes alternativas de energía supondrá beneficios en los próximos años. El problema es que, como ya he mencionado, la industria, los consumidores y los políticos a menudo parecen pensar sólo en el aquí y ahora. Mientras tanto, empresas norteamericanas precursoras en el uso de la energía solar son vendidas a firmas extranjeras. En España, Italia, Alemania y Japón funcionan ya centrales eléctricas solares.

En contraste, la mayor central comercial norteamericana de energía solar, instalada en el desierto de Mojave, sólo genera unos pocos centenares de megavatios que vende a la Edison del sur de California. En todo el mundo, los planificadores de servicios rehuyen las inversiones en turbinas eólicas y generadores solares.

Hay, empero, algunos signos alentadores. Los pequeños electrodomésticos solares de fabricación norteamericana comienzan a dominar el mercado mundial. (De las tres empresas principales, dos son controladas por Alemania y Japón; la tercera por firmas petroleras estadounidenses.) Hay pastores tibetanos que emplean paneles solares para proporcionar energía a bombillas y aparatos de radio; en sus expediciones a través del desierto, algunos médicos somalíes disponen de paneles solares en sus camellos para mantener frías sus preciosas vacunas; en India, la energía solar suministra electricidad a 50.000 hogares. Puesto que estos sistemas están al alcance de la clase media baja de los países en vías de desarrollo y casi no exigen mantenimiento, el mercado potencial de la electrificación solar rural es enorme.

Podríamos y deberíamos hacer más. El Gobierno federal tendría que asumir un gran compromiso en el desarrollo de esta tecnología, y deberían existir incentivos para que científicos e inventores se adentraran en este campo semidespoblado. ¿Por qué se cita tan a menudo la «independencia energética» como justificación de los peligros para el medio ambiente que suponen las centrales nucleares o las perforaciones petrolíferas en aguas costeras pero rara vez a la hora de promover el aislamiento, automóviles más eficientes o la energía eólica y solar? Cabe, además, emplear muchas de estas nuevas tecnologías en el Tercer Mundo con el objeto de mejorar su industria y sus niveles de vida sin que se cometan los errores del mundo desarrollado. Si Norteamérica pretende situarse a la cabeza en nuevas industrias básicas, he aquí una a punto de despegar.

Tal vez sea posible desarrollar rápidamente estas alternativas dentro de una auténtica economía de libre mercado. De otro modo, cabría pensar en una pequeña imposición fiscal sobre los combustibles fósiles, destinada al desarrollo de tecnologías alternativas. Gran Bretaña estableció en 1991 un «gravamen en favor de combustibles no fósiles» equivalente al 11 % del precio de compra. Sólo en Estados Unidos, este impuesto equivaldría anualmente a muchos miles de millones de dólares anuales. Pero entre 1993 y 1996 el presidente Clinton ni siquiera consiguió que se aprobase una legislación que imponía un gravamen de 1,3 centavos por litro de gasolina. Tal vez las futuras administraciones logren hacerlo mejor.

Mi esperanza es que se introduzcan paulatinamente y a un ritmo respetable las tecnologías de paneles solares, turbinas eólicas, conversión de biomasa y empleo del hidrógeno como combustible, al tiempo que aumentamos considerablemente la eficiencia en el consumo de combustibles fósiles. Nadie habla de prescindir de éstos por completo. Es improbable que las necesidades energéticas de la industria pesada —para la fabricación de acero y aluminio, por ejemplo— puedan ser satisfechas por la luz solar o las centrales eólicas, pero si somos capaces de reducir en la mitad o más nuestra dependencia de los combustibles fósiles, habremos conseguido algo muy importante. Si bien no es verosímil que aparezcan pronto tecnologías muy distintas para hacer frente al calentamiento global, tal vez en algún momento del siglo XXI sea accesible una nueva tecnología barata y limpia que no genere gases invernadero, algo que pueda hacerse y mantenerse en países pequeños y pobres de todo el mundo.

Cabe preguntarse si no existe ningún medio de sacar de la atmósfera dióxido de carbono, de enmendar parte del daño que hemos infligido. La única forma de atenuar el efecto invernadero que parece al mismo tiempo segura y fiable consiste en plantar árboles. Al crecer, los árboles eliminan CO<sub>2</sub> del aire. Ahora bien, todo se vendría abajo si después los quemáramos, lo cual equivaldría precisamente a destruir el beneficio que buscábamos. Los árboles ya crecidos pueden servir, por ejemplo, para construir casas y muebles; o sencillamente pueden enterrarse. Sin embargo, la superficie del planeta que deberíamos repoblar para que los nuevos árboles representasen una contribución significativa es enorme, aproximadamente el área de Estados Unidos. Una tarea tal sólo es factible si toda la especie humana se pone a ello. Ésta, por el contrario, destruye cada segundo casi media hectárea de bosque. Cualquiera puede plantar árboles: individuos, naciones y corporaciones, pero sobre todo estas últimas. La empresa Applied Energy Services de Arlington, Virginia, ha construido en Connecticut una central térmica que quema carbón, pero también está plantando en Guatemala árboles que eliminarán de la atmósfera más dióxido de carbono del que la nueva central inyectará en toda su vida operativa. ¿Acaso las compañías madereras no deberían plantar más bosques —preferiblemente especies de crecimiento rápido y frondosas, más útiles para la atenuación del efecto invernadero— que los que talan? ¿Qué decir de las industrias del carbón, petroleras, del gas natural y automovilísticas? ¿No habría que exigir de cada empresa que vierta CO<sub>2</sub> en la atmósfera que también se encargue de paliar sus efectos? ¿No debería hacerlo cada ciudadano? ¿Por qué no plantar árboles en Navidad, o en los cumpleaños, bodas y aniversarios? Nuestros antepasados vinieron de los árboles, con los que tenemos una afinidad natural. Es perfectamente apropiado que plantemos más.

Al desenterrar y quemar sistemáticamente los cadáveres de antiguos seres, nos hemos creado un problema. Podemos aliviar el peligro mejorando la eficiencia de su uso, invirtiendo en tecnologías alternativas (como los combustibles biológicos y la energía eólica y solar) y dando vida a algunas de las mismas clases de seres cuyos restos, antiguos o modernos, quemamos (los árboles). Estas actuaciones nos proporcionarían toda una serie de ventajas adicionales: la purificación del aire, la reducción o eliminación de los vertidos petrolíferos, el desarrollo de nuevas tecnologías, nuevos puestos de trabajo y nuevos beneficios, la independencia energética, permitir a Estados Unidos y otras naciones industrializadas dependientes del petróleo que aparten del peligro a sus hijos e hijas bajo bandera, y la reorientación de buena parte de los presupuestos militares hacia la economía civil productiva.

Pese a la continuada resistencia de las industrias ligadas a los combustibles fósiles, un sector empresarial sí ha empezado a tomarse muy en serio el calentamiento global: las compañías de seguros. Las tormentas violentas y otros fenómenos meteorológicos extremos vinculados al efecto invernadero (inundaciones, sequías, etc.) pueden «llevarnos a la bancarrota», en palabras del presidente de la Asociación de Aseguradores Norteamericanos. En mayo de 1996, citando el hecho de que el 6% de los peores desastres naturales de la historia de Estados Unidos se produjo durante la pasada década, un consorcio de compañías de seguros patrocinó una investigación sobre el calentamiento global como causa potencial. Aseguradoras alemanas y suizas han promovido medidas para la reducción del vertido de gases invernadero. La Alianza de Pequeños Estados Isleños ha apelado a las naciones industrializadas para que hacia el año 2005 reduzcan sus emisiones de gases invernadero hasta un 20 % por debajo de los niveles de 1990 (entre 1990 y 1995 la emisión mundial de CO<sub>2</sub> se incrementó en un 12 %). En otras industrias existe una nueva inquietud, al menos teórica, acerca de la responsabilidad medioambiental, que refleja una abrumadora tendencia de la opinión pública en (y hasta cierto punto más allá de) el

mundo desarrollado.

«El calentamiento global es un problema serio que probablemente plantea una amenaza grave a los cimientos mismos de la vida humana», ha declarado el estado japonés, anunciando que para el año 2000 se estabilizarían sus emisiones de gases invernadero. Suecia comunicó que para el año 2010 habrá reducido a la mitad su producción de energía nuclear, y en un 30 % las emisiones de CO<sub>2</sub> de sus industrias mediante el incremento de la eficiencia y la introducción de nuevas fuentes de energía renovables; y espera ahorrar dinero en este proceso. John Selwyn Gummer, secretario británico de Medio Ambiente, declaró en 1996: «Aceptamos, como comunidad mundial, que tiene que haber reglas a escala global.» Sin embargo, existe una considerable resistencia. Las naciones de la OPEP siguen resistiéndose a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> porque esto les privaría de una parte de sus ingresos. Rusia y muchos países en vías de desarrollo se oponen porque constituiría un gran impedimento a su industrialización. Estados Unidos es la única gran nación industrializada que no ha adoptado medidas significativas para contrarrestar el efecto invernadero; mientras otros países actúan, el gobierno estadounidense designa comisiones y apremia a las industrias afectadas a adoptar disposiciones voluntarias en contra de sus propios intereses a corto plazo. Obrar con eficacia en esta cuestión será, desde luego, más difícil que aplicar el Protocolo de Montreal y sus enmiendas sobre los CFC. Las industrias afectadas son mucho más poderosas, el coste del cambio es muy superior, y todavía no existe nada tan espectacular con respecto al calentamiento global como el agujero de la capa de ozono sobre la Antártida. Tendrán que ser los ciudadanos quienes eduquen a industrias y gobiernos.

Carentes de conciencia, las moléculas de CO<sub>2</sub> son incapaces de comprender la profunda idea de soberanía nacional.

El viento sencillamente las arrastra. Pueden ser producidas en un sitio y acabar en otro. El planeta constituye una unidad. Sean cuales fueren las diferencias ideológicas y culturales, las naciones del mundo deben trabajar unidas; de otra manera no habrá solución para el efecto invernadero y los demás problemas medioambientales globales. Dentro de este invernadero estamos todos unidos.

En abril de 1993, el presidente Bill Clinton se comprometió al fin a que Estados Unidos hiciese algo a lo que se había negado la administración Bush: unirse a unas 150 naciones en la firma de los protocolos de la Cumbre de la Tierra celebrada el año anterior en Río de Janeiro. Más concretamente, Estados Unidos prometió que para el año 2000 reduciría su cota de emisión de dióxido de carbono y otros gases invernadero a los niveles de 1990 (ya de por sí bastante altos, pero al menos se trata de un paso en la dirección adecuada). No será fácil que esta promesa se cumpla. Estados Unidos se comprometió asimismo a dar algunos pasos para la protección de la diversidad biológica en una variedad de ecosistemas planetarios.

No podemos insistir sin riesgo en un insensato desarrollo tecnológico, desdeñando por completo las consecuencias. Tenemos el poder suficiente para encauzarlo, para orientarlo en beneficio de todo el mundo. Tal vez haya un lejano horizonte de esperanza en estos problemas medioambientales globales, porque nos obligan, querámoslo o no, a adoptar una nueva forma de pensar que antepone el bienestar del género humano a los intereses nacionales y empresariales. Somos una especie ingeniosa a la hora de abrirnos camino y sabemos qué hay que hacer. A menos que resultemos mucho más estúpidos de lo que creo, de las crisis medioambientales de nuestro tiempo debería surgir una integración de las naciones y las generaciones, e incluso el final de nuestra larga infancia.

### 13. RELIGIÓN Y CIENCIA: UNA ALIANZA

Hacia el primer día, todos señalábamos a nuestros países. Hacia el tercero o el cuarto, señalábamos a nuestros continentes. Para el quinto día, ya éramos conscientes de que sólo hay una Tierra.

Príncipe sultán Bin Salmón Al-Saud, astronauta de Arabia Saudí

La inteligencia y la fabricación de útiles constituyeron nuestra fuerza desde el principio. Supimos emplear esos talentos para compensar la escasez de dotes naturales —velocidad, venenos, capacidad de vuelo y demás— otorgadas con generosidad a otros animales y que nos fueron cruelmente negadas (o al menos eso parecía). Desde la época del dominio del fuego y la fabricación de herramientas de piedra se hizo obvio que nuestras destrezas podían ser empleadas para el mal tanto como para el bien, pero sólo en época muy reciente hemos caído en la cuenta de que incluso la utilización benigna de nuestra inteligencia y nuestras herramientas puede ponernos en peligro, porque no somos lo bastante listos para prever todas las repercusiones.

Ahora ocupamos toda la Tierra. Tenemos bases en la Antártida, visitamos las profundidades oceánicas, incluso 12 de nosotros se han paseado por la Luna. Somos ya 6.000 millones y nuestro número aumenta el equivalente de la población de China cada década. Hemos sometido a los demás animales y las plantas (aunque hayamos tenido menos éxito con los microbios). Hemos domesticado y sometido muchos organismos. Según ciertos criterios, nos hemos convertido en la especie dominante de la Tierra.

Casi a cada paso, sin embargo, hemos prestado más atención a lo local que a lo global, más a lo inmediato que a las consecuencias a largo plazo. Hemos destruido los bosques, erosionado la superficie del planeta, alterado la composición de la atmósfera, debilitado la capa protectora de ozono, trastornado el clima, emponzoñado el aire y las aguas y conseguido que los más depauperados padecieran más que nadie la degradación ambiental. Nos hemos convertido en predadores de la biosfera, poseídos de arrogancia, siempre dispuestos a conseguir todo sin dar nada a cambio. Ahora mismo somos un peligro para nosotros mismos y para los seres con los que compartimos el planeta.

La agresión al entorno global no es responsabilidad exclusiva de empresarios empujados por el afán de lucro y de políticos miopes y corruptos. Todos tenemos parte de culpa.

La comunidad de los científicos ha desempeñado un papel crucial. Muchos ni siquiera nos detuvimos a reflexionar sobre las consecuencias a largo plazo de nuestras invenciones. Nos mostramos harto dispuestos a entregar poderes devastadores en manos del mejor postor y de los funcionarios de cualquier nación de residencia. Desde sus mismos comienzos, la filosofía y la ciencia siempre se revelaron ansiosas, según palabras de Rene Descartes, de «hacernos dueños y poseedores de la naturaleza», de emplear la ciencia, como dijo Francis Bacon, para colocar toda la naturaleza «al servicio del hombre». Bacon se refirió al «hombre» como ejerciente de un «derecho sobre la naturaleza». Aristóteles escribió que «la naturaleza ha creado todos los animales en beneficio del hombre». Immanuel Kant, por su parte, afirmó que «sin el hombre la creación entera sería un simple yermo, algo en vano». No hace mucho aún oíamos hablar de «conquistar» la naturaleza y de la «conquista» del espacio, como si la naturaleza y el cosmos fuesen enemigos a vencer.

La comunidad religiosa también ha desempeñado un papel crucial. Las confesiones occidentales mantuvieron que, al igual que debemos someternos a Dios, así debe someterse a nosotros el resto de la creación. Especialmente en la época moderna, parece ser que nos hemos consagrado más a este segundo empeño que al primero. En el mundo real y palpable, tal como se revela en lo que hacemos y no en lo que decimos, muchos seres humanos parecen aspirar a ser los señores de la creación (con una ocasional reverencia, tal como exigen las convenciones sociales, a los dioses del momento). Descartes y Bacon fueron influidos profundamente por la religión. La noción de «nosotros contra la naturaleza» es un legado de las tradiciones religiosas. En el Libro del Génesis, Dios otorga a los seres humanos «el dominio [...] sobre todo ser vivo» e infunde en «cada bestia» el «espanto» y «el temor» hacia nosotros. Se apremia al hombre a «someter» la naturaleza, y ese término es traducción de una palabra hebrea con fuertes connotaciones



militares. Hay mucho más en esta línea dentro de la Biblia y la tradición cristiana medieval de la que emergió la ciencia moderna. El Islam, por el contrario, no se muestra inclinado a declarar enemiga a la naturaleza.

Claro está que tanto la ciencia como la religión son estructuras complejas y de múltiples capas que abarcan muchas opiniones diferentes e incluso contradictorias. Fueron científicos los que descubrieron y denunciaron las crisis medioambientales, y ha habido científicos que, a un precio muy alto para sí mismos, se negaron a trabajar en invenciones que pudieran perjudicar a sus semejantes. Por otra parte, fue la religión la primera en expresar el imperativo de reverenciar a los seres vivos.

Cierto que no hay en la tradición judeo-cristiano-musulmana nada que se aproxime al aprecio por la naturaleza de la tradición hindú-budista-jainista o de los indios norteamericanos. Tanto la religión como la ciencia occidentales insistieron en afirmar que la naturaleza no es la historia sino el escenario, y que constituye un sacrilegio considerar sagrada la naturaleza.

Existe, sin embargo, un claro contrapunto religioso: el mundo natural es una creación de Dios, cuyo propósito no es la glorificación del hombre y que, en consecuencia, merece respeto y atención por sí mismo y no simplemente porque nos resulte útil. En tiempos recientes ha surgido, además, la patética metáfora de la «administración», la idea de que los seres humanos son los celadores de la Tierra, que ésa es su misión y que deben rendir cuentas ante el «propietario» ahora y en un futuro indefinido.

Durante 4.000 millones de años la vida en la Tierra se las arregló bastante bien sin «celadores». Trilobites y dinosaurios, que permanecieron aquí durante más de 100 millones de años, tal vez encontrarían graciosa la idea de que una especie que sólo lleva aquí una milésima de ese tiempo decida autoerigirse en guardiana de la vida en la Tierra. Esa especie se encuentra en peligro. Se necesitan celadores humanos para proteger a la Tierra de los hombres.

Los métodos y el carácter de la ciencia y de la religión son profundamente diferentes. Con frecuencia la religión nos exige creer sin dudar, incluso (o sobre todo) en ausencia de una prueba concluyente. Ésta es la significación crucial de la fe. La ciencia, en cambio, nos exige que no aceptemos nada como artículo de fe, que desconfiemos de nuestra inclinación al autoengaño, que rechacemos las pruebas anecdóticas. La ciencia considera el escepticismo como virtud fundamental. La religión suele verlo como una barrera a la iluminación. Así, durante siglos ha existido un conflicto entre los dos campos: los descubrimientos de la ciencia planteaban retos a los dogmas religiosos, y la religión trataba de suprimir hallazgos inquietantes o hacer caso omiso de ellos.

Pero los tiempos han cambiado. Muchas religiones aceptan ahora de buen grado la idea de una Tierra que gira alrededor del Sol y que cuenta con 4.500 millones de años de edad, de la evolución y otros descubrimientos de la ciencia moderna. El papa Juan Pablo II ha dicho: «La ciencia puede purificar la religión del error y la superstición; la religión puede purificar la ciencia de la idolatría y los falsos absolutos. Cada una es capaz de conducir a la otra a un mundo más amplio, un mundo donde ambas puedan florecer... Es preciso alentar y alimentar los ministerios integradores.»

En nada resulta esto tan evidente como en la actual crisis medioambiental. Sea de quien fuere la responsabilidad principal, no hay manera de superarla sin comprender los peligros y sus mecanismos, y sin una dedicación profunda al bienestar a largo plazo de nuestra especie y de nuestro planeta; es decir, sin la intervención crucial de la ciencia y de la religión.

He tenido la suerte de participar en una extraordinaria sucesión de reuniones entre dirigentes de las diversas religiones del planeta, científicos y legisladores de muchas naciones para tratar de abordar la cada vez más seria crisis medioambiental global.

Representantes de casi cien naciones acudieron a Oxford en abril de 1988 y a Moscú en enero de 1990 para asistir a las conferencias del «Foro Global de Líderes Espirituales y Parlamentarios». De pie bajo una enorme fotografía de la Tierra vista desde el espacio, contemplé una abigarrada y variopinta representación de la maravillosa variedad de nuestra especie: la madre Teresa y el cardenal arzobispo de Viena, el arzobispo de Canterbury, los grandes rabinos de Rumania y Gran Bretaña, el Gran Mufti de Siria, el metropolitano de Moscú, un anciano de la nación onodaga, el sumo sacerdote del Bosque Sagrado de Togo, el Dalai Lama, clérigos jainistas resplandecientes

en sus blancos hábitos, sijs tocados con turbantes, swamis hindúes, monjes budistas, sacerdotes sintoístas, protestantes evangélicos, el primado de la Iglesia armenia, un «Buda viviente» de China, los obispos de Estocolmo y Harare, los metropolitanos de las iglesias ortodoxas y el jefe de jefes de las seis naciones de la Confederación Iroquesa; y con ellos el secretario general de Naciones Unidas, el primer ministro de Noruega, la fundadora de un movimiento feminista para la repoblación forestal de Kenya, el presidente del World Watch Institute, los dirigentes de la UNICEF, el Fondo para la Población y la UNESCO, el ministro soviético de Medio Ambiente y parlamentarios de docenas de naciones, incluyendo senadores, miembros de la Cámara de Representantes y un futuro vicepresidente de Estados Unidos. Estas reuniones fueron fundamentalmente organizadas por una sola persona, Akio Matsumura, ex funcionario de Naciones Unidas.

Recuerdo los 1.300 delegados congregados en el salón de San Jorge del Kremlin para escuchar un discurso de Mijáil Gorbachov. Abrió la sesión un venerable monje védico, representante de una de las tradiciones religiosas más antiguas de la Tierra, invitando a la multitud a entonar la sílaba sagrada «om». Creo que el entonces ministro de Asuntos Exteriores soviético, Eduard Shevardnadze, lo hizo, pero Mijáil Gorbachov se abstuvo (cerca se alzaba una imponente estatua de Lenin, de color lechoso y con la mano extendida).

Al anoecer de aquel mismo viernes 10 delegados judíos que se encontraban en el Kremlin celebraron un servicio, el primero de la religión mosaica que tenía lugar allí. Recuerdo al Gran Mufti de Siria recalando, para sorpresa y satisfacción de muchos, la importancia en el Islam de «un control de la natalidad para el bienestar mundial, sin explotarlo a expensas de una nacionalidad sobre otra». Varios oradores citaron este proverbio de los indios norteamericanos: «No hemos heredado la Tierra de nuestros antepasados, la tenemos en préstamo de nuestros hijos.»

Se insistió constantemente en la vinculación de todos los seres humanos. Escuchamos una parábola secular en que se nos pedía que imagináramos a nuestra especie como un pueblo de 100 familias, 65 de las cuales son analfabetas, 90 no hablan inglés, 70 carecen de agua potable y 80 nunca ha subido a un avión. De esas familias, siete son dueñas del 60 % de la tierra, consumen el 80 % de toda la energía disponible y gozan de todos los lujos, 60 se hacinan en el 10 % de la superficie terrestre y sólo una cuenta con algún miembro que tenga educación universitaria. Si, además, todo —el aire, el agua, el clima y la implacable luz del sol— va a peor, ¿cuál es nuestra responsabilidad común?

En la conferencia de Moscú, unos cuantos científicos notables firmaron un documento que presentaron a los líderes religiosos mundiales. Su respuesta fue abrumadoramente positiva. La reunión concluyó con un plan de acción en el que figuraban estas palabras:

Esta cita no es un mero acontecimiento, sino un paso dentro de un proceso en marcha en el que nos hallamos implicados de manera irrevocable. Ahora retornamos a nuestras casas con el compromiso de actuar como fervientes participantes en este proceso, como emisarios del cambio fundamental en las actitudes y prácticas que han empujado a nuestro mundo hasta un extremo tan peligroso.

Los dirigentes religiosos han emprendido acciones en muchos países. En Estados Unidos ya han dado grandes pasos la Conferencia Católica, la Iglesia Episcopaliana, la Iglesia Unida de Cristo, los cristianos evangélicos, los líderes de la comunidad judía y muchos otros grupos. Como catalizador de este proceso se estableció un Llamamiento Conjunto de la Ciencia y la Religión para el Medio Ambiente, presidido por el reverendísimo James Parks Morton, deán de la catedral de San Juan el Divino, y yo mismo; el vicepresidente Al Gore, entonces senador, desempeñó un papel crucial. En la reunión exploratoria de científicos y dirigentes de las principales confesiones estadounidenses, celebrada en Nueva York en junio de 1991, se hizo evidente que existía una amplia base común:

Es grande la tentación de negar o dejar a un lado esta crisis medioambiental global y rechazar incluso la consideración de los cambios fundamentales en la conducta humana requeridos para abordarla. Pero los dirigentes religiosos aceptamos la responsabilidad profética de dar a conocer todas las dimensiones de este cambio y las exigencias para acometerlo a los muchos millones de personas a quienes llegamos, enseñamos y aconsejamos.

Pretendemos ser participantes documentados en los debates sobre estas cuestiones y contribuir

con nuestras opiniones al imperativo moral y ético de la concepción de soluciones políticas nacionales e internacionales. Declaramos aquí y ahora los pasos que es preciso dar: una supresión acelerada de los productos químicos que dañan el ozono; un empleo mucho más eficiente de los combustibles fósiles y el desarrollo de una economía no dependiente de ellos; la preservación de los bosques tropicales y la adopción de otras medidas que protejan la diversidad biológica, y esfuerzos concertados para frenar el crecimiento espectacular y peligroso de la población mundial mediante la promoción de mujeres y hombres, el fomento de la autosuficiencia económica y la realización de programas de planificación familiar accesibles a todos sobre una base estrictamente voluntaria.

Creemos que entre la más alta jerarquía de un amplio espectro de tradiciones religiosas hay ahora coincidencia en pensar que la causa de la integridad y la justicia medioambientales debe ocupar en las personas de fe una posición de máxima prioridad. La respuesta a esta cuestión puede y debe superar las fronteras religiosas y políticas tradicionales. Tenemos aquí un potencial de unificación y renovación de la vida religiosa.

La última frase del párrafo intermedio representa un tortuoso compromiso con la delegación católica, opuesta no sólo a la descripción de cualquier método anticonceptivo, sino incluso a la inclusión del término «control de la natalidad».

Hacia 1993, el Llamamiento Conjunto de la Ciencia y la Religión para el Medio Ambiente dio paso a la Asociación Religiosa Nacional en pro del Medio Ambiente, una coalición de comunidades católicas, judías, protestantes, ortodoxas orientales, la Iglesia negra histórica y cristianos evangélicos. Mediante el material preparado por la oficina científica de la asociación, los grupos participantes han comenzado —tanto individual como colectivamente— a ejercer una influencia considerable. De muchas comunidades religiosas antes carentes de programas o departamentos medioambientales de carácter nacional se puede decir ahora que están «plenamente comprometidas en este empeño». Los manuales de educación y acción medioambientales han llegado a unas 100.000 agrupaciones religiosas que representan a decenas de millones de norteamericanos. Miles de dirigentes eclesiásticos y laicos han participado en el adiestramiento regional y se han documentado millares de iniciativas ambientales. Se ha solicitado el apoyo de legisladores estatales y nacionales, informado a los medios de comunicación, organizado seminarios y pronunciado homilias acerca de estos temas. Como ejemplo escogido más o menos al azar, en enero de 1996 la Red Ambiental Evangélica —organización de la comunidad cristiana evangélica que forma parte de la asociación— solicitó el apoyo de los congresistas al proyecto de Ley de Especies en Peligro (a su vez amenazada). ¿Sobre qué base? Un portavoz explicó que si bien los evangélicos «no eran científicos», podían defender esa ley por razones teológicas, calificando la legislación para proteger las especies en peligro como «el arca de Noé de nuestro tiempo». Aparentemente goza de aceptación general el principio básico de la asociación según el cual «la protección ambiental tiene que ser ahora un componente crucial de la vida de la fe». Hay una gran iniciativa que la asociación todavía no ha abordado: llegar a aquellos fieles que, además, son ejecutivos de grandes empresas cuya actividad afecta el medio ambiente. Confío en que sea acometida.

La actual crisis medioambiental no constituye un desastre, al menos por el momento. Como otras crisis, esconde un potencial para la manifestación de poderes de cooperación, talento y dedicación hasta ahora no explotados y ni siquiera imaginados. Es posible que la ciencia y la religión difieran acerca del origen de la Tierra, pero cabe coincidir en que su protección merece nuestra profunda atención y nuestros afanes más entusiastas.

#### EL LLAMAMIENTO

*Lo que sigue es el texto remitido en enero de 1990 por un grupo de científicos a los dirigentes religiosos y titulado «Preservar y amar la Tierra: Una llamada para el establecimiento de una comisión conjunta de ciencia y religión».*

La Tierra es el lugar de nacimiento de nuestra especie y, por lo que hasta ahora sabemos, nuestro único hogar. Cuando éramos pocos y teníamos una tecnología débil, carecíamos de poder para influir en el ambiente de nuestro mundo, pero ahora, de repente, casi sin que nadie lo haya advertido, nuestra población se ha hecho inmensa y nuestra tecnología ha alcanzado poderes descomunales, aterradores incluso. Voluntariamente o no, somos ya capaces de provocar cambios devastadores en el entorno global, un medioambiente al que nosotros y todos

los demás seres con quienes compartimos la Tierra estamos meticulosa y exquisitamente adaptados.

Ahora nos vemos amenazados por alteraciones globales que evolucionan rápidamente y de las que somos autores, cuyas consecuencias biológicas y ecológicas a largo plazo por desgracia ignoramos: adelgazamiento de la capa protectora de ozono, un calentamiento global sin precedentes en los últimos 150 milenios, la desaparición de casi media hectárea de bosque cada segundo, la extinción acelerada de especies y la perspectiva de una guerra nuclear que ponga en peligro a la mayoría de la población del planeta. Tal vez existan otros riesgos de los que, en nuestra impericia, aún no somos conscientes. Todos y cada uno representan una trampa dispuesta para la especie humana, una trampa tendida por nosotros mismos. Por fundadas y excelsas (o ingenuas y miopes) que hayan sido las justificaciones de las actividades que trajeron tales peligros, estas actividades amenazan ahora a nuestra especie y muchas otras. Estamos a punto de cometer —muchos dirían que ya estamos cometiendo— lo que en lenguaje religioso se califica a veces de «crímenes contra la Creación».

Por su misma naturaleza, estas agresiones al medio ambiente no han sido sólo obra de un grupo político o de una generación. Intrínsecamente, son multinacionales, multigeneracionales y transideológicas. También lo son todas las soluciones concebibles. Para escapar de esta trampa hace falta una perspectiva que englobe a los seres humanos del planeta y a las generaciones futuras.

Desde el principio, es preciso reconocer que unos problemas de tal magnitud y unas soluciones que exigen una perspectiva tan amplia poseen una dimensión tanto religiosa como científica. Conscientes de nuestra responsabilidad común, nosotros los científicos —comprometidos muchos en la lucha contra la crisis medioambiental— apelamos urgentemente a la comunidad religiosa internacional para que se consagre, en palabra y obra, y tan enérgicamente como se requiere, a la preservación del medio ambiente de la Tierra.

Algunos de los remedios a corto plazo de estos peligros —como una mayor eficiencia energética, la rápida prohibición de los clorofluorocarbonos o una reducción modesta de los arsenales nucleares— resultan relativamente accesibles y en alguna medida están ya en marcha; pero otros enfoques más amplios, a más largo plazo y más eficaces tropezarán por doquier con la inercia, el rechazo y la resistencia. En esta categoría figuran el paso de una economía basada en los combustibles fósiles a otra centrada en una energía no contaminante, la inversión rápida y persistente de la carrera de armamento nuclear y una interrupción voluntaria del crecimiento de la población mundial, sin cuya consecución quedarán anulados muchos otros enfoques de la conservación del medio ambiente.

Como en las cuestiones relativas a la paz, los derechos humanos y la justicia social, las instituciones religiosas también pueden representar aquí una fuerza sólida que estimule iniciativas nacionales e internacionales, tanto en el sector público como en el privado y en las diversas esferas del comercio, la educación, la cultura y los medios de comunicación de masas.

La crisis ambiental requiere cambios radicales no sólo en la política oficial, sino también en la conducta individual. Los antecedentes históricos ponen de manifiesto que las enseñanzas, el ejemplo y la dirección religiosos son muy capaces de influir en el comportamiento y el compromiso personales.

Como científicos, muchos de nosotros tenemos experiencias profundas de asombro y reverencia ante el universo. Entendemos que es más probable que sea tratado con respeto aquello que se considera sagrado. Es preciso infundir sacralidad en los esfuerzos por salvaguardar y respetar el medio ambiente. Al mismo tiempo, se requiere un conocimiento más amplio y profundo de la ciencia y la tecnología. Si no comprendemos el problema, es improbable que seamos capaces de solucionarlo. Tanto la religión como la ciencia tienen, pues, un papel vital que desempeñar.

Sabemos que el bienestar de nuestro medioambiente planetario es ya motivo de profunda preocupación en concilios y congregaciones. Confiamos en que este llamamiento alentará un espíritu de causa común y de acción conjunta para contribuir a la preservación de la Tierra.

La respuesta al llamamiento de los científicos acerca del medio ambiente fue pronto firmada por centenares de líderes espirituales de 83 países, incluyendo 37 jefes de organizaciones religiosas nacionales e internacionales.

Entre ellos figuraban los secretarios generales de la Liga Musulmana Mundial y del Consejo Mundial de las Iglesias, el vicepresidente del Congreso Judío Mundial, el catolikós de todos los armenios, el metropolitano Pitirim de Rusia, los grandes muftis de Siria y de la ex Yugoslavia, los obispos que presiden las iglesias cristianas de China y la episcopaliana, la luterana, la metodista y la menonita de Estados Unidos, así como 50 cardenales, lamas, arzobispos, grandes rabinos, patriarcas, mulahs y obispos de las principales ciudades del mundo. Manifestaron lo siguiente:

Nos declaramos conmovidos por el espíritu del llamamiento y arrostrados por su sustancia. Compartimos su sentido de apremio. Esta invitación a la colaboración marca un momento y una oportunidad singulares en la relación entre la ciencia y la religión.

Muchos miembros de la comunidad religiosa han reaccionado con creciente alarma ante los informes de amenazas a la salud del medioambiente de nuestro planeta, como las expuestas en el llamamiento. La comunidad científica ha prestado un gran servicio a la humanidad al aportar las pruebas de tales peligros. Alentamos una investigación continuada y escrupulosa y debemos tomar en consideración sus resultados en todas nuestras deliberaciones y declaraciones referentes a la condición humana.

Creemos que la crisis del medio ambiente es intrínsecamente religiosa. Todas las tradiciones y enseñanzas de la fe nos instruyen firmemente para que reverenciamos y cuidemos el mundo natural, pero la creación sagrada está siendo violada y corre un riesgo extremo como resultado de un comportamiento humano añejo. Es esencial una respuesta religiosa para invertir esas pautas inveteradas de negligencia y explotación.

Por este motivo, damos la bienvenida al llamamiento de los científicos y estamos dispuestos a explorar tan pronto como sea posible formas concretas y específicas de colaboración y acción. La propia Tierra nos llama a lograr nuevos niveles de compromiso conjunto.

*tercera parte ALLÍ DONDE CHOCAN CORAZONES Y MENTES*

## 14. EL ENEMIGO COMÚN

No soy un pesimista. Percibir el mal allí donde existe es, en mi opinión, una forma de optimismo.

Roberto Rossellini

Sólo en el espacio de tiempo representado por el siglo actual ha adquirido una especie el poder de alterar la naturaleza del mundo.

Rachel Carson, *Primavera silenciosa*, 1962

### INTRODUCCIÓN

En 1988 se me brindó una oportunidad única: fui invitado a escribir un artículo sobre las relaciones entre Estados Unidos y la entonces Unión Soviética que aparecería, más o menos simultáneamente, en las publicaciones de mayor difusión de los dos países. Era la época en que Mijaíl Gorbachov trataba de otorgar a los ciudadanos soviéticos el derecho a expresar libremente sus opiniones. Algunos la recuerdan también como el tiempo en que la administración Reagan modificaba lentamente su decidida postura en favor de la guerra fría. Pensé que un artículo semejante podría hacer algo de bien. Más aún, durante una reciente reunión en la «cumbre», Reagan había comentado que sería mucho más fácil la colaboración entre Estados Unidos y la Unión Soviética de existir el peligro de una invasión alienígena. Aquello parecía dar a mi trabajo un punto de partida. Quise que el artículo fuera una provocación para los ciudadanos de ambos países y exigí de las dos partes garantías de que no sería censurado. Tanto el director de *Parade*, Walter Anderson, como el de *Ogonyok*, Vitaly Korotich, accedieron de buen grado. Bajo el título de «El enemigo común», el artículo apareció en el número de *Parade* del 7 de febrero de 1988 y en el del 12-19 de marzo del mismo año de *Ogonyok*. Luego fue reproducido en *The Congressional Record*, ganando en 1989 el premio Rama de Olivo de la Universidad de Nueva York, y fue muy comentado, tanto en un país como en el otro.

*Parade* abordó directamente las cuestiones polémicas del texto con esta introducción:

El siguiente artículo, cuya publicación íntegra está también prevista en *Ogonyok*, la revista más popular de la Unión Soviética, trata de las relaciones entre las dos naciones. Es probable que algunos ciudadanos de ambos países encuentren incómodas e incluso provocativas ciertas consideraciones de Cari Sagan, sobre todo porque pone en tela de juicio las visiones populares de la historia de cada nación. La redacción de *Parade* confía en que este análisis, que será leído tanto aquí como en la Unión Soviética, constituya un primer paso hacia la consecución de los mismos objetivos a que hace referencia el autor.

Las cosas, sin embargo, no eran tan sencillas, ni siquiera en la liberalizadora Unión Soviética de 1988. Korotich se había comprometido antes de conocer el texto, y cuando leyó mis comentarios críticos sobre la historia y la política soviéticas se sintió obligado a consultar a una autoridad superior. La responsabilidad del contenido del artículo, tal como apareció en *Ogonyok*, acabó recayendo, al parecer, en el doctor Georgi Arbatov, director del Instituto de Estados Unidos y Canadá de la entonces Academia Soviética de Ciencias, miembro del comité central del Partido Comunista y consejero íntimo de Gorbachov. Arbatov y yo mantuvimos en privado varias conversaciones de carácter político, y me sorprendieron su franqueza y su sinceridad. Aunque en cierto modo resultaba alentador advertir que en su mayor parte el texto no había sido retocado, también resulta instructivo comprobar qué cambios se habían efectuado y qué pensamientos se juzgaban demasiado peligrosos para el ciudadano soviético medio. Así pues, al final del artículo menciono las alteraciones más interesantes, que no dejan de constituir una censura.

### EL ARTÍCULO

Si unos extraterrestres estuvieran a punto de invadirnos, dijo el presidente de Estados Unidos al secretario general soviético, nuestros dos países podrían unirse contra el enemigo común. Existen, desde luego, muchos ejemplos de adversarios mortales que, enfrentados durante generaciones, aparcaron sus diferencias para atender una amenaza más apremiante: las ciudades-estado griegas contra los persas; los rusos y los cumanos (que antaño habían saqueado Kiev) contra los mongoles o, de hecho, los norteamericanos y los soviéticos contra los nazis.

Una invasión alienígena es ciertamente improbable, pero hay un amplio abanico de enemigos comunes (algunos de los cuales representan una amenaza sin precedentes, propia, por otra parte, de nuestro tiempo). Proceden de nuestro creciente poder tecnológico y de nuestra resistencia a prescindir de las ventajas a corto plazo en beneficio del bienestar de nuestra especie a más largo plazo.

El inocente acto de quemar carbón y otros combustibles fósiles incrementa el efecto invernadero del dióxido de carbono y eleva la temperatura de la Tierra, de manera que, según algunas previsiones, en menos de un siglo el Medio Oeste estadounidense y la Ucrania soviética — actuales graneros del mundo— podrían convertirse en eriales. Diversos gases inertes y aparentemente inofensivos empleados en la refrigeración debilitan la capa protectora de ozono, con lo que aumenta el volumen de radiación ultravioleta solar que llega a la superficie de la Tierra, destruyéndose así un número enorme de microorganismos en la base de una mal comprendida cadena alimentaria, en cuya cima nos mantenemos de manera precaria. La contaminación industrial de Estados Unidos destruye bosques en Canadá. Un accidente en un reactor nuclear soviético pone en peligro la antigua cultura de Laponia. Terribles enfermedades epidémicas se extienden por todo el mundo aceleradas por la tecnología de los transportes modernos. Es seguro que habrá otros peligros que, por nuestra voluble atención a lo inmediato, todavía no hemos descubierto.

La carrera de las armas nucleares, iniciada conjuntamente por Estados Unidos y la Unión Soviética, ha minado el planeta con unas 60.000 armas atómicas, muchas más de las necesarias para hacer desaparecer ambas naciones, poner en peligro la civilización global y, quizá, acabar incluso con el experimento humano que comenzó hace un millón de años. Pese a las indignadas protestas pacifistas y los compromisos solemnes de los tratados para invertir la carrera nuclear, cada año Estados Unidos y la Unión Soviética se las arreglan para fabricar nuevos artefactos atómicos capaces de destruir todas las ciudades importantes del planeta. Cuando se piden justificaciones, cada parte se apresura a acusar a la otra. Tras los desastres del transbordador espacial *Challenger* y de la central nuclear de Chernobil, tuvimos que recordar que, pese a nuestros mejores esfuerzos, la alta tecnología puede tener fallos catastróficos. En el siglo de Hitler, hemos comprobado que los locos son capaces de hacerse con el control absoluto de estados industriales modernos. Sólo es cuestión de tiempo el que se produzca algún error sutil e imprevisto en la maquinaria de la destrucción masiva, o un fallo crucial de las comunicaciones, o una crisis emocional de algún líder nacional abrumado. En términos generales, la especie humana gasta anualmente cerca de un billón de dólares (casi todo por parte de Estados Unidos y la Unión Soviética) en preparativos para la intimidación y la guerra. Volviendo al principio, es posible que los malévolos extraterrestres apenas tuviesen motivo para atacar la Tierra; después de un examen preliminar, tal vez decidieran tener un poco de paciencia y aguardar a que nosotros mismos nos destruyéramos.

Estamos en peligro. No necesitamos invasores alienígenas. Ya hemos generado riesgos suficientes por nuestra cuenta, pero se trata de peligros invisibles, en apariencia muy alejados de la vida cotidiana, cuya comprensión requiere una reflexión atenta y que se refieren a gases transparentes, radiaciones invisibles y armas nucleares de cuyo empleo casi nadie ha sido testigo. No hay un ejército extranjero dispuesto a saquear, subyugar, violar y asesinar.

Nuestros enemigos comunes son de personificación más laboriosa, más difíciles de odiar que un Shahanshah, un Kan o un Führer. La integración de fuerzas contra estos nuevos adversarios nos obliga a realizar un decidido esfuerzo de autorreconocimiento, porque nosotros mismos —todas las naciones de la Tierra, pero en especial Estados Unidos y la Unión Soviética— somos responsables de los peligros que ahora afrontamos.

Nuestras dos naciones son tapices tejidos por una rica diversidad de fibras étnicas y culturales. Militarmente, somos los países más poderosos de la Tierra. Defendemos la idea de que la ciencia y la tecnología pueden construir una vida mejor para todos. Compartimos una fe manifiesta en el derecho de los pueblos a regirse por sí mismos. Nuestros sistemas de gobierno fueron fruto de revoluciones históricas contra la injusticia, el despotismo, la incompetencia y la superstición. Venimos de revolucionarios que consiguieron lo imposible: librarnos de tiranías arraigadas durante siglos y supuestamente sancionadas por la divinidad. ¿Qué nos costará escapar de la trampa que nosotros mismos nos hemos tendido?

Cada bando guarda celosamente en su memoria una larga lista de abusos cometidos por el otro,



algunos imaginarios, pero la mayoría auténticos en mayor o menor grado. Cada vez que una parte comete un atropello, podemos tener la seguridad de que la otra le pagará con la misma moneda. Ambas naciones rebosan de orgullo herido y profesión de rectitud moral. Cada una conoce hasta el mínimo detalle las fechorías de la otra, pero apenas repara en los pecados propios y los sufrimientos causados por su política. En cada bando hay, desde luego, personas bondadosas y honestas que perciben los peligros creados por sus políticas nacionales, gentes para las que enderezar las cosas es una cuestión de decencia elemental y de simple supervivencia. Sin embargo, hay también, en uno y otro bando, personas poseídas por un odio y un miedo avivados por las respectivas agencias propagandísticas nacionales, gentes que creen que sus adversarios son irredimibles y buscan el enfrentamiento. Los duros de cada bando *azuzan* a los del bando contrario. Se deben mutuamente su crédito y su fuerza. Se necesitan los unos a los otros. Están trabados en un abrazo mortal.

Si nadie más, alienígena o humano, puede librarnos de este abrazo mortal, sólo nos resta una alternativa: por doloroso que resulte, tendremos que lograrlo nosotros mismos. Un buen comienzo consiste en examinar los hechos históricos tal como los vería la otra parte (o la posteridad, si hay alguna). Imaginemos primero cómo consideraría un observador soviético algunos de los acontecimientos de la historia de Estados Unidos: este país, fundado en el principio de la libertad, fue la última gran nación en poner fin a la esclavitud; muchos de sus fundadores —George Washington y Thomas Jefferson entre ellos— fueron propietarios de esclavos; y el racismo estuvo legalmente sancionado durante un siglo tras la liberación de los esclavos. Estados Unidos ha violado de manera sistemática más de 300 tratados firmados para garantizar algunos de los derechos de los habitantes originarios de aquellas tierras. En 1899, dos años antes de ser elegido presidente, Theodore Roosevelt, en un discurso que fue muy aplaudido, defendió la «guerra justa» como único medio de alcanzar la «grandeza nacional». En 1918, Estados Unidos invadió la Unión Soviética en un frustrado intento por acabar con la revolución bolchevique. Estados Unidos inventó las armas nucleares y fue la primera y única nación que las utilizó contra la población civil, matando en ese proceso centenares de miles de hombres, mujeres y niños. Estados Unidos albergaba planes operativos para el aniquilamiento nuclear de la Unión Soviética aun antes de que ésta dispusiera de un arma atómica, y fue el principal innovador en la continuada carrera de armas nucleares. De las numerosas contradicciones recientes entre teoría y práctica por parte de Estados Unidos cabe citar la advertencia, imbuida de indignación moral, de la administración actual [Reagan] a sus aliados para que no vendieran armas a los terroristas de Irán mientras, bajo cuerda, hacía precisamente eso; la maquinación de guerras soterradas por todo el mundo en nombre de la democracia, en tanto se oponía a sanciones económicas efectivas contra un régimen surafricano que priva a la inmensa mayoría de ciudadanos de cualquier derecho político; la indignación ante el hecho de que, violando la legislación internacional, Irán minase el Golfo Pérsico, al tiempo que esa misma administración hacía lo propio con puertos nicaragüenses y después eludía la jurisdicción del Tribunal Internacional; la acusación sobre Libia de matar niños y el asesinato de niños en represalia, y la denuncia del trato de las minorías en la Unión Soviética, cuando en Estados Unidos hay más jóvenes negros en las cárceles que en las universidades. No se trata sólo de maligna propaganda soviética. Incluso las personas en buena disposición hacia Estados Unidos podrían tener grandes reservas acerca de las verdaderas intenciones de este país, sobre todo cuando los norteamericanos se resisten a reconocer los hechos incómodos de su historia.

Imaginemos ahora cómo consideraría un observador occidental algunos de los acontecimientos de la historia soviética. En su orden de ataque del 2 de julio de 1920, el mariscal Tujachevsky dijo: «Con nuestras bayonetas llevaremos la paz y la felicidad a la humanidad trabajadora ¡Hacia el Oeste!» Poco después, Lenin, en una conversación con delegados franceses, observó: «Sí, las tropas soviéticas están en Varsovia. Pronto Alemania será nuestra. Reconquistaremos Hungría. Los Balcanes se alzarán contra el capitalismo. Italia temblará. En esta tormenta estallarán todas las costuras de la Europa burguesa.» Evoquemos luego los millones de ciudadanos soviéticos muertos por obra de la política premeditada de Stalin en los años que median entre 1919 y la Segunda Guerra Mundial: la colectivización forzada, las deportaciones en masa de campesinos, la consecuente hambruna de 1932-1933 y las grandes purgas, en la que fueron detenidos y ejecutados casi todos los jefes del Partido Comunista mayores de 35 años mientras era proclamada con ufanía una nueva constitución que supuestamente garantizaba los derechos de los ciudadanos soviéticos. Consideremos asimismo la decapitación del Ejército Rojo por orden de Stalin, el protocolo secreto de su pacto de no agresión con Hitler y su negativa a creer en una

invasión nazi de la URSS incluso después de comenzada, y los millones de muertos por esa causa. Pensemos a continuación en las restricciones soviéticas de los derechos civiles, la libertad de expresión y la emigración, el antisemitismo continuo y endémico y la persecución religiosa. Si poco después del establecimiento de una nación sus más altos dirigentes militares y civiles se jactan de sus intenciones de invadir estados vecinos, si el líder absoluto durante casi la mitad de su historia es alguien que sistemáticamente mató a millones de compatriotas, si todavía hoy figura en sus monedas el símbolo nacional blasonado sobre el mundo entero, es comprensible que ciudadanos de otras naciones, incluso aquellos de disposición más pacífica o crédula, se muestren escépticos ante sus buenas intenciones, por sinceras y auténticas que éstas sean. No se trata sólo de maligna propaganda norteamericana. El problema se complicará si se pretende que tales hechos jamás existieron.

«Ninguna nación puede ser libre si oprime a otras naciones», escribió Friedrich Engels. En la conferencia de Londres de 1903, Lenin postuló «el completo derecho de todas las naciones a la autodeterminación». Los mismos principios fueron formulados con casi idéntico lenguaje por Woodrow Wilson y muchos otros políticos estadounidenses. Sin embargo, y para ambas naciones, los hechos hablan de otra manera.

La Unión Soviética se anexionó por la fuerza Letonia, Lituania, Estonia y partes de Finlandia, Polonia y Rumania; ocupó y sometió a un régimen comunista a Polonia, Rumania, Hungría, Mongolia, Bulgaria, Checoslovaquia, Alemania oriental y Afganistán, y sofocó el alzamiento de los obreros de Alemania oriental en 1953, la revolución húngara de 1956 y la tentativa checa de introducir en 1968 el *glasnost* y la *perestroika*. Dejando aparte las guerras mundiales y las expediciones para combatir la piratería o el tráfico de esclavos, Estados Unidos ha perpetrado invasiones e intervenciones armadas en otros países en más de 130 ocasiones\*, incluyendo China (18 veces), México (13), Nicaragua y Panamá (9 cada uno), Honduras (7), Colombia y Turquía (6 en cada país), República Dominicana, Corea y Japón (5 cada uno), Argentina, Cuba, Haití, el reino de Hawai y Samoa (4 cada uno), Uruguay y Fiji (3 cada uno), Granada, Puerto Rico, Brasil, Chile, Marruecos, Egipto, Costa de Marfil, Siria, Irak, Perú, Formosa, Filipinas, Camboya, Laos y Vietnam. La mayoría de estas incursiones han sido escaramuzas para mantener gobiernos sumisos o proteger propiedades e intereses de empresas estadounidenses, pero algunas han sido mucho más importantes, prolongadas y cruentas.

Las fuerzas armadas estadounidenses han actuado en Latinoamérica no ya antes de la revolución bolchevique, sino antes del *Manifiesto comunista*, lo que hace un poco difícil de aceptar la justificación anticomunista de la intervención en Nicaragua, pero las deficiencias de la argumentación resultarían mejor apreciadas si la Unión Soviética no hubiese adquirido la costumbre de engullir países. La invasión norteamericana del Sureste asiático —de unas naciones que jamás habían dañado o amenazado a Estados Unidos— supuso la muerte de 58.000 norteamericanos y más de un millón de asiáticos; Estados Unidos lanzó 7,5 megatonnes de explosivos de gran potencia y ocasionó un caos ecológico y económico del que la región todavía no se ha recuperado. Desde 1979, más de 100.000 soldados soviéticos ocuparon Afganistán —una nación con una renta per cápita inferior a la de Haití— en medio de atrocidades en buena parte no reveladas (porque los soviéticos tienen mucho más éxito que los norteamericanos a la hora de excluir de sus zonas bélicas a los periodistas independientes).

La enemistad habitual es corruptora y se nutre a sí misma. Si flaquea, cabe revivirla con facilidad mediante el recuerdo de abusos pasados, la invención de alguna atrocidad o algún incidente militar, el anuncio de que el adversario cuenta ya con una nueva arma peligrosa, o recurriendo a acusaciones de ingenuidad o deslealtad cuando la opinión política interna se torna incómodamente imparcial. Para muchos norteamericanos, comunismo significa pobreza, atraso, el *gulag* por expresar lo que uno piensa, aplastamiento implacable del espíritu humano y sed de conquistar el mundo. Para muchos soviéticos, el capitalismo significa codicia desalmada e insaciable, racismo, guerra, inestabilidad económica y una conspiración internacional de los ricos contra los pobres. Se trata de caricaturas —pero no del todo— a las que, a lo largo de los años, las acciones soviéticas y norteamericanas han prestado cierto crédito y alguna plausibilidad.

Estas caricaturas persisten en parte porque son verdaderas, pero también porque resultan útiles.

---

\* Esta lista, que suscitó una cierta sorpresa cuando fue publicada en Estados Unidos, se basa en recopilaciones de la Comisión de fuerzas armadas de la cámara de representantes.

Si hay un enemigo implacable, entonces los burócratas disponen de una justificación inmediata para la subida de los precios, la escasez de artículos de consumo, la falta de competitividad de la nación en los mercados internacionales, la existencia de gran número de desempleados y personas sin hogar, para tachar de antipatrióticas e inadmisibles las críticas a los líderes, y, sobre todo, para la necesidad de recurrir a un mal tan absoluto como la instalación de decenas de millares de armas nucleares. Ahora bien, si el adversario no resulta lo bastante maligno ya no es tan fácil ignorar la incompetencia y la falta de visión de los gobernantes.

Los burócratas tienen buenos motivos para inventar enemigos y exagerar sus fechorías.

Cada nación cuenta con instituciones militares y servicios de información que valoran el peligro planteado por el otro bando. Esos centros tienen un interés creado en los grandes desembolsos militares y de espionaje. Así, tienen que enfrentarse a una continua crisis de conciencia (un incentivo claro para exagerar la capacidad y las intenciones del adversario). Cuando sucumben a ella, dicen que se trata de una prudencia necesaria; pero sea cual fuere el término empleado, impulsa la carrera de armamentos. ¿Existe una apreciación pública e imparcial de los datos de los servicios de inteligencia? No. ¿Por qué? Porque se trata de datos secretos. Tenemos de este modo una máquina que funciona por sí misma, una especie de conspiración de facto para impedir que las tensiones decaigan por debajo de un nivel mínimo de aceptabilidad burocrática.

Es evidente que muchas instituciones y dogmas nacionales, por eficaces que hayan sido alguna vez, requieren un cambio. Ninguna nación está bien preparada todavía para el mundo del siglo XXI. El reto, pues, no consiste en una glorificación selectiva del pasado o la defensa de los iconos nacionales, sino en trazar un camino que nos permita seguir adelante en un tiempo de gran peligro mutuo. A este efecto necesitaremos toda la ayuda que podamos conseguir.

Una lección crucial de la ciencia es que para comprender cuestiones complejas (o incluso sencillas) debemos tratar de liberar nuestra mente del dogma y garantizar la libertad de publicar, de rebatir y de experimentar. Los argumentos de autoridad resultan inaceptables. Todos, aun los dirigentes, somos falibles. Sin embargo, por claro que resulte que el progreso necesita de la crítica, los gobiernos tienden a resistirse. El ejemplo definitivo es el de la Alemania de Hitler. He aquí un pasaje de un discurso del dirigente nazi Rudolf Hess, fechado el 30 de junio de 1934: «Hay un hombre por encima de toda crítica, y es el Führer. Todo el mundo lo siente y lo sabe: siempre tiene razón y siempre la tendrá. El nacionalsocialismo de todos nosotros se sustenta en una lealtad acritica, en un sometimiento al Führer.»

Una observación de Hitler remacha todavía más la conveniencia de semejante doctrina para los dirigentes nacionales: «¡Qué buena fortuna para quienes ostentan el poder que la gente no reflexione!» A corto plazo, una docilidad intelectual y moral muy difundida puede ser conveniente para los líderes, pero a largo plazo es suicida para la nación. Uno de los criterios para el liderazgo nacional debe ser, por lo tanto, el talento para entender, estimular y hacer un uso constructivo de la crítica vigorosa.

Cuando quienes antaño fueron silenciados y humillados por el terror del Estado son ahora capaces de manifestarse —jóvenes apóstoles de la libertad que emprenden su primer vuelo— se sienten alborozados, y otro tanto sucede con cualquier amante de la libertad que les observe. El *glasnost* y la *perestroika* muestran al resto del mundo la esfera humana de la sociedad soviética que políticas pasadas enmascaraban. Proporcionan, a todos los niveles de esa sociedad, mecanismos para la corrección de errores. Son esenciales para el bienestar económico. Permiten auténticos avances en la cooperación internacional y un gran freno de la carrera de armamentos. Así, el *glasnost* y la *perestroika* resultan convenientes tanto para la Unión Soviética como para Estados Unidos.

En la Unión Soviética, existe obviamente una oposición al *glasnost* y la *perestroika* por parte de los que ahora tienen que demostrar su capacidad, entre quienes no están acostumbrados a las responsabilidades de la democracia; aquellos que, después de décadas de atenerse a las normas, no están dispuestos a responder de su conducta pasada. Mientras la Unión Soviética reúne fuerzas para emerger como un rival todavía más formidable, también en Estados Unidos hay algunos que prefieren la antigua Unión Soviética, debilitada por su falta de democracia, fácilmente caricaturizable y satanizable. (Los estadounidenses, durante mucho tiempo complacientes con sus propias formas democráticas, también tienen algo que aprender del *glasnost* y la *perestroika*; esta idea, por sí sola, suscita incomodidad en algunos de ellos.) Con

fuerzas tan poderosas desplegadas a favor y en contra de la reforma, nadie puede saber cuál será el resultado.

Lo que en ambos países pasa por debate público sigue siendo, por encima de todo y tras un atento análisis, la repetición de lemas nacionales, una apelación a los prejuicios populares, insinuaciones, autojustificación, orientaciones erróneas, conjuro de sermones cuando se requieren datos y un profundo desdén por la inteligencia de la ciudadanía. Lo que necesitamos es reconocer cuan poco sabemos acerca del modo de atravesar con seguridad las décadas venideras, el valor para examinar una amplia gama de programas alternativos y, más que nada, una dedicación que no esté orientada hacia el dogma, sino hacia las soluciones. Ya será bastante difícil encontrar una solución, pero será mucho más arduo descubrir las que se correspondan perfectamente con las doctrinas políticas de los siglos XVIII o XIX.

Nuestras dos naciones deben ayudarse mutuamente a determinar qué cambios es preciso realizar; esas modificaciones deben beneficiar a las dos partes, y nuestra perspectiva debe abarcar un futuro más allá del siguiente mandato presidencial o del próximo plan quinquenal. Tenemos que reducir los presupuestos militares, elevar los niveles de vida, inculcar un respeto por el aprendizaje, apoyar la ciencia, la consagración al estudio, las invenciones y la industria, promover la libre indagación, reducir la coerción interna, implicar más a los trabajadores en las decisiones empresariales e impulsar un respeto y una comprensión genuinos y derivados del reconocimiento de nuestra humanidad común y del peligro compartido.

Aunque debemos cooperar en un grado sin precedentes, no estoy en contra de una competencia sana. Ahora bien, compitamos para hallar maneras de invertir la carrera de armas nucleares y reducir masivamente las fuerzas convencionales, para eliminar la corrupción gubernamental, para conseguir que la mayor parte del mundo sea autosuficiente en cuanto a agricultura. Rivalicemos en arte y ciencia, en música y literatura, en innovación tecnológica. Que nuestra carrera sea limpia. Compitamos por aliviar los sufrimientos, la ignorancia y las enfermedades, por respetar en todo el mundo la independencia nacional, por formular y aplicar una ética para el cuidado responsable del planeta.

Aprendamos unos de otros. Durante un siglo, y a través de un plagio en buena parte inconfesado, capitalismo y socialismo se han aprovechado mutuamente de sus métodos y doctrinas. Ni Estados Unidos ni la Unión Soviética poseen el monopolio de la verdad y la virtud. Me gustaría vernos competir en capacidad de cooperación. Durante la década de los setenta, al margen de los tratados limitadores de la carrera nuclear, hemos tenido algunos éxitos notables en cuanto a acción conjunta: la eliminación mundial de la viruela, los esfuerzos por impedir el desarrollo de armas nucleares surafricanas, los vuelos espaciales conjuntos *Apolo-Soyuz*. Podemos hacerlo mucho mejor. Empecemos con unos cuantos proyectos de alcance y visión amplios: el alivio del hambre, especialmente en naciones como Etiopía, víctimas de la rivalidad entre las superpotencias; la identificación y neutralización de catástrofes ambientales a largo plazo producto de nuestra tecnología; la física de fusión, con vistas a lograr una fuente segura de energía para el futuro; la exploración conjunta de Marte, culminando en la primera arribada a otro planeta de seres humanos, soviéticos y norteamericanos.

Tal vez nos destruyamos a nosotros mismos. Quizás el enemigo que llevamos dentro sea demasiado fuerte para que podamos reconocerlo y vencerlo. Tal vez el mundo se vea reducido a condiciones medievales o algo mucho peor.

Sin embargo, no pierdo la esperanza. Recientemente ha habido signos de cambio; son tanteos, pero en la dirección adecuada y, habida cuenta de los hábitos previos de conducta nacional, rápidos. ¿Es posible que nosotros —los norteamericanos, los soviéticos, los seres humanos— recobremos por fin el juicio y comencemos a trabajar unidos en aras de la especie y del planeta?

Nada se nos ha prometido. La Historia ha colocado esta carga sobre nuestros hombros. A nosotros nos corresponde construir un futuro valioso para nuestros hijos y nietos.

#### LA CENSURA

He aquí, en orden cronológico, con indicación de los párrafos, algunos de los cambios más extraordinarios o interesantes infligidos al artículo, tal como apareció en *Ogonyok*. El material censurado aparece aquí en negrita, los caracteres ordinarios indican pasajes del artículo original y la cursiva entre corchetes corresponde a comentarios míos.

§ 3. ... en la base de una mal comprendida cadena alimentaria, en cuya cima nos mantenemos de manera precaria. *[Sin esta frase, el peligro de la merma del ozono parece mucho menor.]*

§ 4. ... fabricar nuevos artefactos atómicos capaces de destruir **todas las ciudades importantes del planeta**. *[Las seis últimas palabras fueron reemplazadas por una ciudad. De esta forma se empequeñece la amenaza nuclear, desviando la atención del número de bombas producidas al año hacia la potencia de una sola.]*

§ 4. ... **de algún líder nacional abrumado**. *[¿Disminuye la confianza nacional en el Gobierno pensar que el líder pueda sentirse abrumado?]*

§ 4.... **la intimidación** y la guerra.

§ 7. ... **orgullo herido** y profesión de rectitud moral.

§ 7. ... un odio y un miedo **avivados por las respectivas agencias propagandísticas nacionales**...

§ 8. **En 1899, dos años antes ser elegido presidente, Theodore Roosevelt**... *[Esto parece especialmente sórdido, porque la eliminación de esas palabras hace probable que el 99 % de los lectores soviéticos piensen que la cita no es de Theodore sino de Franklin D. Roosevelt.]*

§ 8. **No se trata sólo de maligna propaganda soviética**.

§ 9.... **del 2 de julio**...

§ 9. ... **el protocolo secreto de su pacto de no agresión con Hitler**...

§ 9.... **y los millones de muertos por esa causa**...

§ 11. ... **las deficiencias de la argumentación resultarían mejor apreciadas si la Unión Soviética no hubiese adquirido la costumbre de engullir países**.

§ 18. Cuando quienes antaño fueron silenciados y humillados **por el terror del Estado** son ahora capaces de manifestarse —**jóvenes apóstoles de la libertad que emprenden su primer vuelo**— se sienten alborozados, **y otro tanto sucede con cualquier amante de la libertad que les observe**.

§ 19...., **fácilmente caricaturizable**...

§ 20. **Lo que en ambos países pasa por debate público sigue siendo, por encima de todo y tras un atento análisis, la repetición de lemas nacionales, una apelación a los prejuicios populares, insinuaciones, autojustificación, orientaciones erróneas, conjuro de sermones cuando se requieren datos y un profundo desdén por la inteligencia de la ciudadanía**.

§ 20. Ya será bastante difícil encontrar una solución, **pero será mucho más arduo descubrir las que se correspondan perfectamente con las doctrinas políticas de los siglos XVIII o XIX**. *[El marxismo es desde luego una doctrina política y económica del siglo XIX.]*

§ 23. **Durante un siglo, y a través de un plagio en buena parte inconfesado**, capitalismo y socialismo se han aprovechado mutuamente de sus métodos y doctrinas. Ni Estados Unidos ni la Unión Soviética poseen el monopolio de la verdad y la virtud.

§ 26. **Nada se nos ha prometido**. *[Uno de los principios autocomplacientes, pero anticientíficos, del marxismo ortodoxo es el de que el triunfo definitivo del comunismo se halla predeterminado por fuerzas históricas invisibles.]*

Lo que más seriamente preocupaba a los soviéticos era la cita de Lenin (y, por implicación, la de Tujachevsky) del párrafo 9. Tras repetidas peticiones de que eliminara ese pasaje, a las que me negué, en el artículo de *Ogonyok* se incluyó la siguiente nota a pie de página: «El equipo editorial de *Ogonyok* ha consultado los archivos relevantes, pero no aparecieron ni esta cita ni cualquier otra declaración semejante de V. I. Lenin. Lamentamos que millones de lectores de la revista *Parade* hayan sido inducidos a error por esta cita, sobre cuya base llegó Cari Sagan a sus conclusiones.» Ésta era, en mi opinión, una nota un tanto ácida.

Sin embargo, con el paso del tiempo se abrieron nuevos archivos, las historias revisadas se

hicieron accesibles y aceptables, Lenin fue desmitificado y la situación se resolvió por sí misma. En las propias memorias de Arbatov aparece la siguiente nota, por demás cortés:

Tengo que formular aquí una disculpa. En mis comentarios en *Ogonyok* durante 1988, al referirme a un artículo del astrónomo Carl Sagan, rechacé sus conclusiones de que la campaña de Tujachevsky en Polonia había representado una tentativa de exportar la revolución. Ello se debió a la postura defensiva habitual, que se convirtió en un reflejo condicionado, y al hecho de que a lo largo de muchos años nos acostumbramos (llegó a convertirse en una segunda naturaleza) a barrer bajo la alfombra hechos «inconvenientes». Yo, por ejemplo, sólo en fecha reciente he estudiado con cierto detenimiento esas páginas de nuestra historia.

## 15. ABORTO: ¿ES POSIBLE TOMAR AL MISMO TIEMPO PARTIDO POR «LA VIDA» Y «LA ELECCIÓN»?\*

La humanidad gusta de pensar en términos de extremos opuestos. Está acostumbrada a formular sus creencias bajo la forma de «o esto o lo otro», entre los que no reconoce posibilidades intermedias. Cuando se la fuerza a reconocer que no cabe optar por los extremos, todavía sigue inclinada a mantener que son válidos en teoría, pero que en las cuestiones prácticas las circunstancias nos obligan a llegar a un compromiso.

John Dewey,

*Experience and Education*, I, 1938

La cuestión quedó zanjada hace años. El poder judicial optó por el término medio. Uno pensaría que la polémica había concluido, pero sigue habiendo concentraciones masivas, bombas e intimidación, muertes de trabajadores de clínicas abortistas, detenciones, intensas campañas, drama legislativo, audiencias del Congreso, decisiones del Tribunal Supremo, grandes partidos políticos que casi se definen sobre la materia y eclesiásticos que amenazan con la perdición a los políticos. Los adversarios se lanzan acusaciones de hipocresía y asesinato. Se invocan por igual el espíritu de la Constitución y la voluntad de Dios. Se recurre a argumentos dudosos como si fueran certidumbres. Los bandos en liza apelan a la ciencia para fortalecer sus posiciones. Se dividen las familias, maridos y mujeres deciden no hablar del asunto, viejos amigos dejan de hablarse. Los políticos examinan los últimos sondeos para descubrir qué les dicta la conciencia. Entre tanto grito, resulta difícil que los adversarios se escuchen. Las opiniones se polarizan. Las mentes se cierran.

¿Es ilícito interrumpir un embarazo? ¿Siempre? ¿A veces? ¿Nunca? ¿Cómo decidir? Escribimos este artículo para entender mejor cuáles son las posturas enfrentadas y para ver si conseguimos hallar una posición que satisfaga ambas. ¿No existe término medio? Hay que sopesar los argumentos de uno y otro bando para determinar su consistencia y plantear supuestos prácticos, puramente hipotéticos en más de un caso. Si pareciera que algunos de estos supuestos van demasiado lejos, solicitamos del lector que tenga paciencia, pues estamos tratando de forzar las diversas posturas hasta su punto de ruptura a fin de advertir sus debilidades y fallos.

Cuando se reflexiona sobre ello, casi todo el mundo reconoce que no hay una respuesta tajante. Vemos que muchos partidarios de posturas divergentes experimentan cierta inquietud o incomodidad cuando se dualiza lo que hay detrás de los argumentos enfrentados (en parte por eso se rehuyen tales confrontaciones). La cuestión afecta con seguridad a interrogantes más hondos: ¿cuáles son nuestras responsabilidades mutuas?, ¿debemos permitir que el Estado intervenga en los aspectos más íntimos y personales de nuestra vida?, ¿dónde están los límites de la libertad?, ¿qué significa ser humano?

Respecto de los múltiples puntos de vista, existe la extendida opinión —sobre todo en los medios de comunicación, que rara vez tienen el tiempo o la inclinación debidos para establecer distinciones sutiles— de que sólo existen dos: «pro elección» y «pro vida». Así es como se autodenominan los dos bandos contendientes y así los llamaremos aquí. En la caracterización más simple, un partidario de la elección sostendrá que la decisión de interrumpir un embarazo sólo corresponde a la mujer y que el Estado no tiene derecho a intervenir, en tanto que un antiabortista mantendrá que el embrión o feto está vivo desde el momento de la concepción, que esta vida nos impone la obligación moral de preservarla y que el aborto equivale a un asesinato. Ambas denominaciones —pro elección y pro vida— se eligieron pensando en influir sobre quienes aún no se habían decidido: pocos desearán ser incluidos entre los adversarios de la libertad de elección o los enemigos de la vida. La libertad y la vida son, desde luego, dos de nuestros valores más apreciados, y aquí parecen hallarse en un conflicto fundamental.

Consideraremos sucesivamente estas dos posiciones absolutistas. Un bebé recién nacido es con seguridad el mismo ser que justo antes de nacer. Existen pruebas sólidas de que un feto ya bien

---

\* Escrito en colaboración con Ann Druyan y publicado por vez primera el 22 de abril de 1990 en la revista *Parade* con el título de «The Question of Abortion: A Search for Answers» (La cuestión del aborto: una búsqueda de respuestas).

desarrollado reacciona a los sonidos, incluyendo la música, pero en especial a la voz de su madre. Puede chuparse el pulgar o sobresaltarse. De vez en cuando genera ondas cerebrales de adulto. Hay quienes afirman recordar su nacimiento o incluso el entorno uterino. Quizá se piense dentro del útero. Resulta difícil sostener que en el momento del parto sobreviene abruptamente una transformación hacia la personalidad plena. ¿Por qué, pues, debería considerarse asesinato matar a un bebé el día después de nacer pero no el día antes?

En términos prácticos, esto es poco importante. Menos del 1 % de los abortos registrados en Estados Unidos tienen lugar en los tres últimos meses de embarazo (y tras una investigación más atenta se descubre que la mayoría corresponden a abortos naturales o errores de cálculo). Sin embargo, los abortos realizados durante el tercer trimestre proporcionan una prueba de los límites del punto de vista «pro elección». ¿Abarca el «derecho innato de una mujer a controlar su propio cuerpo» el de matar a un feto casi completamente desarrollado y que, a todos los fines, resulta idéntico a un recién nacido?

Creemos que muchos de quienes defienden la libertad reproductiva se sienten, al menos en ocasiones, inquietos ante esta pregunta, pero son reacios a plantearse porque es el comienzo de una pendiente resbaladiza. Si resulta inadmisibles suspender un embarazo en el noveno mes, ¿qué sucede con el octavo, el séptimo, el sexto...? ¿No cabe deducir que el Estado puede intervenir en cualquier momento si reconocemos su capacidad para actuar en un determinado momento del embarazo? Esto invoca el espectro de unos legisladores, predominantemente varones y opulentos, decidiendo que mujeres que viven en la pobreza carguen con unos niños que no pueden permitirse el lujo de criar; obligando a adolescentes a traer al mundo hijos para los que no están emocionalmente preparadas; diciendo a las mujeres que aspiran a una carrera profesional que deben renunciar a sus sueños, quedarse en casa y criar niños; y, lo peor de todo, condenando a las víctimas de violaciones e incestos a aceptar sin más la prole de sus agresores\*. Las prohibiciones legislativas del aborto suscitan la sospecha de que su auténtico propósito sea controlar la independencia y la sexualidad de las mujeres. ¿Con qué derecho los legisladores se permiten decir a las mujeres qué deben hacer con su cuerpo? La privación de la libertad de reproducción es degradante. Las mujeres ya están hartas de ser avasalladas.

Sin embargo, todos estamos de acuerdo en que es justo que se prohíba el asesinato y que se imponga una pena a quien lo comete. Muy débil sería la defensa del asesino si alegara que se trataba de algo entre su víctima y él, y que eso no concernía a los poderes públicos. ¿No es deber del Estado impedir que se elimine un feto si ese acto constituye de hecho el asesinato de un ser humano? Se supone que una de las funciones del Estado es proteger al débil frente al fuerte.

Si no nos oponemos al aborto en alguna etapa del embarazo, ¿no existe el peligro de considerar a toda una categoría de seres humanos indigna de nuestra protección y respeto? ¿No es ésa una de las características del sexismo, el racismo, el nacionalismo y el fanatismo religioso? ¿Acaso quienes se dedican a combatir tales injusticias no deberían evitar escrupulosamente que se cometa otra?

Hoy por hoy no existe el derecho a la vida en ninguna sociedad de la Tierra, ni ha existido en el pasado (con unas pocas excepciones, como los jainistas de la India): criamos animales de granja para su sacrificio, destruimos bosques, contaminamos ríos y lagos hasta que ningún pez puede vivir en ellos, matamos ciervos y alces por deporte, leopardos por su piel y ballenas para hacer abono, atrapamos delfines que se debaten faltos de aire en las grandes redes para atunes, matamos cachorros de foca a palos, y cada día provocamos la extinción de una especie. Todas esas bestias y plantas son seres vivos como nosotros. Lo que (supuestamente) está protegido no es la vida en sí, sino la vida humana.

Aun con esa protección, el homicidio ocasional es un hecho corriente en las ciudades y libramos guerras «convencionales» con un coste tan elevado que por lo general preferimos no pensar

---

\* Dos de los más enérgicos antiabortistas de todos los tiempos fueron Hitler y Stalin, quienes inmediatamente después de asumir el poder declararon delito la comisión de abortos antes legales. Otro tanto hicieron Mussolini, Ceausescu e incontables dictadores y tiranos nacionalistas. Claro que, en sí mismo, éste no es un argumento en favor de la elección, pero nos previene sobre el hecho de que estar en contra del aborto no tiene por qué ser muestra de un compromiso profundo con la vida humana.



demasiado en ello. (Significativamente, suelen justificarse las matanzas en masa organizadas por los estados redefiniendo como subhumanos a nuestros adversarios de raza, nacionalidad, religión o ideología.) Esa protección, ese derecho a la vida, no reza para los 40.000 niños menores de cinco años que mueren cada día en el planeta por causa de inanición, deshidratación, enfermedades y negligencias que habrían podido evitarse.

La mayoría de quienes defienden el «derecho a la vida» no se refieren a cualquier tipo de vida, sino, especial y singularmente, a la vida humana. También ellos, como los partidarios de la elección, deben decidir qué distingue a un ser humano de otros animales y en qué momento de la gestación emergen esas cualidades específicamente humanas, sean cuales fueren.

Pese a las numerosas afirmaciones en contra, la vida no comienza en el momento de la concepción; es una cadena ininterrumpida que se remonta a los orígenes de la Tierra, hace 4.600 millones de años. Tampoco la vida humana comienza en la concepción, sino que es una cadena ininterrumpida que se remonta a los orígenes de nuestra especie, hace cientos de miles de años. Más allá de toda duda, cada espermatozoide y cada óvulo humanos están vivos. Es obvio que no son seres humanos, pero lo mismo podría decirse de un óvulo fecundado.

En algunos animales, un óvulo puede desarrollarse hasta convertirse en un adulto sano sin la contribución de un espermatozoide. No sucede así, por lo que sabemos, entre los seres humanos. Un espermatozoide y un óvulo no fecundado comprenden conjuntamente toda la dotación genética de una persona. En ciertas circunstancias, tras la fecundación pueden llegar a convertirse en un bebé. Sin embargo, la mayoría de óvulos fecundados aborta de modo espontáneo. La conclusión del desarrollo no está garantizada. Ni el espermatozoide ni el óvulo aislados, como así tampoco el óvulo fecundado, pasan de ser un bebé o un adulto potenciales. ¿Por qué, pues, no se considera asesinato destruir un espermatozoide o un óvulo si uno y otro son tan humanos como el óvulo fecundado producido por su unión, y en cambio sí se considera asesinato destruir un óvulo fecundado, aunque sólo sea un bebé en potencia?

De una eyaculación humana media surgen centenares de millones de espermatozoides (agitando la cola y a una velocidad de 12 centímetros por hora). Un hombre joven y sano puede producir en una o dos semanas espermatozoides suficientes para doblar la población humana de la Tierra. ¿Significa esto que la masturbación es un asesinato en masa? ¿Qué decir, entonces, de las poluciones nocturnas o del simple acto sexual? ¿Muere alguien cuando cada mes se expulsa el óvulo no fecundado? ¿Deberíamos llorar todos esos abortos espontáneos? Muchos animales inferiores pueden desarrollarse en laboratorio a partir de una sola célula corporal. Las células humanas pueden ser objeto de clonación. (La cepa más famosa quizá sea la *HeLa*, bautizada así por Helen Lane, su donante.) A la luz de tal tecnología, ¿sería un crimen en masa la destrucción de células potencialmente clonables? ¿Y el derramamiento de una gota de sangre?

Todos los espermatozoides y óvulos humanos son mitades genéticas de seres humanos potenciales. ¿Es preciso hacer esfuerzos heroicos por salvar y preservar a todos y cada uno, en razón de ese «potencial»? ¿Es inmoral o criminal no hacerlo? Existe, desde luego, una diferencia entre suprimir una vida y no salvarla. También es muy distinta la probabilidad de supervivencia de un espermatozoide de la de un óvulo fecundado. Sin embargo, el absurdo de un cuerpo de ínclitos conservadores de semen nos lleva a preguntarnos si el simple «potencial» que tiene un óvulo fecundado de convertirse en un bebé convierte realmente su destrucción en un asesinato.

A los enemigos del aborto les preocupa que, una vez autorizado el inmediato a la concepción, ninguna argumentación lo impida en cualquier momento subsiguiente del embarazo. Temen que un día resulte admisible matar a un feto que sea, inequívocamente, un ser humano. Tanto los partidarios de la elección como los de la vida (al menos algunos) se ven empujados a posiciones tajantes por su temor compartido a esa pendiente resbaladiza.

Otra pendiente resbaladiza es aquella a la que llegan los antiabortistas dispuestos a hacer una excepción en el caso angustioso de un embarazo fruto de la violación o el incesto. Ahora bien, ¿por qué debería depender el derecho a la vida de las circunstancias de la concepción? ¿Puede el Estado decidir la vida para la prole de una unión legítima y la muerte para la concebida por la fuerza o la coerción, cuando en ambos casos se trata de la vida de un niño? ¿Cómo puede ser esto justo? Por otra parte, ¿por qué no hacer extensiva a cualquier otro feto la excepción que se aplica a éstos? A tal motivo se debe en parte el que algunos antiabortistas adopten la postura, considerada indignante por muchas otras personas, de oponerse al aborto en cualquier

circunstancia (excepto, quizá, cuando corre peligro la vida de la madre<sup>\*</sup>).

En todo el mundo, la causa más frecuente de aborto es, con mucho, el control de la natalidad. ¿No deberían, entonces, los adversarios del aborto distribuir anticonceptivos y enseñar su uso a los escolares? Ése sería un medio eficaz de reducir los abortos. Por el contrario, Estados Unidos se halla muy por detrás de otras naciones en el desarrollo de métodos seguros y eficaces de control de la natalidad y, en muchos casos, la oposición a tales investigaciones (y a la educación sexual) ha procedido de las mismas personas que se oponen al aborto<sup>\*</sup>.

La búsqueda de un criterio éticamente sólido y no ambiguo acerca de si el aborto es admisible en algún momento tiene profundas raíces históricas. Con frecuencia, y sobre todo en la tradición cristiana, esta búsqueda estuvo ligada a la cuestión del instante en que el alma penetra en el cuerpo, materia no demasiado susceptible de investigación científica y tema polémico incluso entre teólogos eruditos. Se ha afirmado que la infusión del alma tenía lugar en el semen antes de la concepción, durante ésta, en el momento en que la madre percibe por vez primera los movimientos del feto en su seno y en el nacimiento mismo o incluso más tarde.

Cada religión tiene su doctrina. Entre los cazadores-recolectores no suele haber prohibiciones contra el aborto, y también era corriente en la Grecia y la Roma antiguas. Por el contrario, los asirios, más severos, empalaban en estacas a las mujeres que trataban de abortar. El Talmud judío enseña que el feto no es una persona y, en consecuencia, carece de derechos. Tanto en el Antiguo Testamento como en el Nuevo —que abundan en prohibiciones en extremo minuciosas respecto a la indumentaria, dieta y palabras— no aparece una sola mención que prohíba de modo específico el aborto. El único pasaje que menciona algo relevante en este sentido (Éxodo 21: 22) declara que si surge una pelea y una mujer resulta accidentalmente lesionada y aborta, el responsable debe pagar una multa. Ni san Agustín ni santo Tomás de Aquino consideraban homicidio el aborto en fase temprana (el último basándose en que el embrión no «parece» humano). Esta idea fue adoptada por la Iglesia en el Concilio de Vienne (Francia) en 1312 y nunca ha sido repudiada. La primera recopilación de derecho canónico de la Iglesia católica, vigente durante mucho tiempo (de acuerdo con el notable historiador de las enseñanzas eclesiásticas sobre el aborto, John Connery, S. J.) sostenía que el aborto era homicidio sólo después de que el feto estuviese ya «formado», aproximadamente hacia el final del primer trimestre.

Sin embargo, cuando en el siglo XVII se examinaron los espermatozoides a través de los primeros microscopios, parecían mostrar un ser humano plenamente formado. Se resucitó así la vieja idea del homúnculo, según la cual cada espermatozoide era un minúsculo ser humano plenamente formado, dentro de cuyos testículos había otros innumerables homúnculos, y así *ad infinitum*.

En parte por obra de esta mala interpretación de datos científicos, el aborto, en cualquier momento y por cualquier razón, se convirtió en motivo de excomunión a partir de 1869. Para la mayoría de católicos resulta sorprendente que la fecha no sea más remota.

Desde la época colonial hasta el siglo XIX, en Estados Unidos la mujer era libre de decidir hasta que «el feto se movía». Un aborto en el primer trimestre de embarazo, e incluso en el segundo, constituía, en el peor de los casos, una infracción. Rara vez se solicitaba una condena al respecto, y resultaba casi imposible de obtener, en parte porque dependía por entero del propio testimonio de la mujer acerca de si había sentido los movimientos del feto, y en parte por la repugnancia del jurado a declararla culpable por haber ejercido su derecho a elegir. Se sabe que en 1800 no existía en Estados Unidos una sola disposición concerniente al aborto. En la práctica totalidad de los periódicos (y hasta en muchas publicaciones eclesiásticas) aparecían anuncios de

---

\* Martín Lutero, fundador del protestantismo, se mostró opuesto incluso a esta excepción: «No importa si se fatigan o incluso mueren por parir hijos. Perezcan en aras de su fertilidad, para eso están aquí.» (Lutero, *Vom Ebelichen Leben*, 1522.)

\*\* ¿No deberían igualmente los partidarios de la vida fijar los cumpleaños de acuerdo con el momento de la concepción y no la fecha de nacimiento? ¿Acaso no tendrían que interrogar minuciosamente a sus padres acerca de su historia sexual? Existiría, desde luego, una cierta incertidumbre irreducible: después del coito pueden pasar horas o días antes de que se produzca la concepción (lo que constituye una dificultad especial para los adversarios del aborto a quienes también interesa la astrología).

productos abortivos, aunque el lenguaje empleado fuese convenientemente eufemístico.

Hacia 1900, en cambio, en todos los estados de la Unión, el aborto estaba vedado en cualquier momento del embarazo, excepto cuando fuese necesario para salvar la vida de la mujer. ¿Qué sucedió para que se produjera un cambio tan extraordinario? La religión tuvo poco que ver. Las drásticas transformaciones económicas y sociales que se producían en Estados Unidos estaban transformando la sociedad agraria en otra urbana e industrializada. Norteamérica estaba pasando de una de las tasas más altas de natalidad del mundo a una de las más bajas. Es innegable que el aborto desempeñó un papel en ello y estimuló fuerzas para su supresión.

Una de las más significativas fue la profesión médica. Hasta mediado el siglo XIX la medicina constituía una actividad sin reconocimiento oficial y sin supervisión. Cualquiera podía colocar un cartel a la puerta de su casa y auto titularse médico. Con el auge de una nueva élite médica de formación universitaria, ansiosa de incrementar el rango y la influencia de los facultativos, se constituyó la Asociación Médica Americana. Durante su primera década la AMA empezó a presionar para que el aborto sólo pudiera ser efectuado por quienes poseyesen título facultativo. Los nuevos conocimientos en embriología, afirmaban los médicos, habían revelado que el feto era humano incluso antes de que la madre sintiese su presencia.

El asalto de la profesión médica contra el aborto no se debió a una inquietud por la salud de la mujer, sino, según se decía, por el bienestar del feto. Había que ser médico para saber cuándo resultaba moralmente justificable un aborto, porque la cuestión dependía de hechos científicos y médicos que sólo los facultativos comprendían. Al mismo tiempo, las mujeres quedaban excluidas de las facultades de medicina, donde habrían podido adquirir conocimientos tan arcanos.

Tal como se desarrollaban las cosas, las mujeres nada tenían que decir acerca de la interrupción de sus propios embarazos. También correspondía a los médicos determinar si la gestación planteaba un riesgo para la mujer y quedaba enteramente a su discreción decidir qué era arriesgado y qué no lo era. Para la mujer rica, podía tratarse de un peligro para su tranquilidad emocional o incluso para su estilo de vida. La mujer pobre se veía a menudo obligada a recurrir al aborto clandestino.

Así fue la ley hasta la década de los sesenta de este siglo, cuando una coalición de individuos y organizaciones, entre las que figuraba la AMA, trató de abolirla y restablecer los valores más tradicionales, que se encarnarían en el caso Roe contra Wade.

Si uno mata deliberadamente a un ser humano, se dice que ha cometido un asesinato. Si el muerto es un chimpancé —nuestro más próximo pariente biológico, con el que compartimos el 99,6 % de genes activos— cualquiera, entonces no es asesinato. Hasta la fecha, el asesinato se aplica sólo al hecho de matar seres humanos. Por eso resulta clave en el debate sobre el aborto la cuestión del momento en que surge la personalidad (o, si se prefiere, el alma). ¿Cuándo se hace humano el feto? ¿Cuándo emergen las cualidades distintivamente humanas?

Reconocemos que la fijación de un momento exacto tiene que pasar por alto las diferencias individuales. Por ese motivo, si hay que trazar una línea, se debe proceder con cautela, es decir, pecar más por exceso que por defecto. Hay personas que se oponen al establecimiento de un límite numérico, y compartimos su inquietud, pero si tiene que existir una ley sobre esta materia, que represente un compromiso útil entre las dos posiciones extremas, hay que determinar, al menos aproximadamente, un periodo de transición hacia la personalidad.

Cada uno de nosotros partió de un punto. Un óvulo fecundado tiene aproximadamente el tamaño del punto que hay al final de esta frase. La unión trascendental de espermatozoide y óvulo suele tener lugar en una de las dos trompas de Falopio. Una célula se convierte en dos, dos se convierten en cuatro, etc. (una aritmética exponencial de base 2). Hacia el décimo día el óvulo fecundado se ha trocado en una especie de esfera hueca que se encamina hacia otro reino, el útero. A su paso destruye tejidos, absorbe sangre de los vasos capilares, se baña en la sangre materna, de la que extrae oxígeno y nutrientes, y se fija como una especie de parásito a la pared del útero.

- Hacia la tercera semana, para cuando se produce la primera falta, el embrión en formación tiene unos dos milímetros de longitud y desarrolla varias partes del cuerpo. Sólo en esta etapa

comienza a depender de una placenta rudimentaria. Recuerda algo a un gusano segmentado\*.

- Hacia el final de la cuarta semana ya mide unos 5 milímetros. Es reconocible ahora como vertebrado, su corazón en forma de tubo comienza a latir, se advierte algo parecido a los arcos branquiales de un pez o un anfibio, y una cola pronunciada. Parece más bien una lagartija acuática o un renacuajo. Éste es el final del primer mes de gestación.
- Hacia la quinta semana, cabe distinguir las grandes divisiones del cerebro. Se evidencia lo que más tarde serán los ojos y aparecen unos pequeños brotes que luego se transformarán en brazos y piernas.
- Hacia la sexta semana el embrión mide 13 milímetros. Los ojos permanecen todavía a los lados de la cabeza, como en la mayor parte de los animales, y la cara reptiliana posee unas hendiduras unidas que más tarde darán lugar a la boca y la nariz.
- Hacia el final de la séptima semana la cola casi ha desaparecido y se advierten ya caracteres sexuales (aunque ambos sexos parecen femeninos). La cara es de mamífero, pero un tanto porcina.
- Hacia el final de la octava semana la cara semeja la de un primate, si bien aún no es del todo humana. En sus elementos esenciales ya están presentes la mayoría de las partes del cuerpo. La anatomía del cerebro inferior está bien desarrollada. El feto revela respuestas reflejas a estímulos sutiles.
- Hacia la décima semana la cara tiene ya un aspecto inconfundiblemente humano. Comienza a ser posible distinguir niños de niñas. Las uñas y las grandes estructuras óseas no resultan evidentes hasta el tercer mes.
- Hacia el cuarto mes se puede diferenciar la cara de un feto de la de otro. En el quinto mes la madre suele sentir sus movimientos. Los bronquiolos pulmonares no empiezan a desarrollarse hasta aproximadamente el sexto mes y los alvéolos aún más tarde.

¿Cuándo accede, pues, un feto a la personalidad, habida cuenta de que sólo una persona puede ser asesinada? ¿Cuándo la cara se torna claramente humana, cerca del final del primer trimestre? ¿Cuándo reacciona ante los estímulos, también al final del primer trimestre? ¿Cuándo se torna lo bastante activo para que la madre lo sienta, hacia la mitad del segundo trimestre? ¿Cuándo los pulmones alcanzan un grado de desarrollo suficiente para que el feto pueda respirar por sí mismo, llegado el caso, el aire exterior?

Lo malo de estos hitos del desarrollo no es sólo que sean arbitrarios: más inquietante resulta el hecho de que ninguno implica características exclusivamente humanas, al margen de la cuestión superficial de la apariencia facial. Todos los animales reaccionan ante los estímulos y se mueven a su antojo. Muchos son capaces de respirar. Sin embargo, eso no impide que los matemos por miles de millones. Los reflejos, el movimiento y la respiración no son lo que nos hace humanos.

Otros animales nos superan en velocidad, fuerza, resistencia, a la hora de trepar, excavar o camuflarse, en vista, olfato, oído, o en el dominio del aire o del agua. Nuestra única gran ventaja es el pensamiento. Somos capaces de reflexionar, de imaginar acontecimientos que todavía no han sucedido, de concebir cosas. Así fue como inventamos la agricultura y la civilización. El pensamiento es nuestra bendición y nuestra maldición, y nos hace ser lo que somos.

El pensamiento tiene lugar, desde luego, en el cerebro, sobre todo en las capas superiores de la

---

\* Cierta número de publicaciones de derechas y cristianas integristas han criticado este argumento, afirmando que se basa en una doctrina obsoleta, denominada recapitulación, de Ernst Haeckel, un biólogo alemán del siglo XIX, quien postuló que los pasos en el desarrollo embrionario individual de un animal reproducían (o «recapitulaban») las etapas de la evolución de sus antepasados. La recapitulación ha sido estudiada de forma exhaustiva y escéptica por el biólogo Stephen Jay Gould (en su libro *Ontogeny and Phylogeny*, Harvard University Press, 1997). Pero en nuestro artículo no decíamos una palabra de la recapitulación, como puede juzgar el lector. Las comparaciones del feto humano con otros animales (adultos) se basan en su apariencia (véanse ilustraciones). La clave de la argumentación de estas páginas no reside en la historia de su evolución, sino en su forma no humana.

«materia gris» replegada que llamamos corteza cerebral. Cerca de 100.000 millones de neuronas cerebrales constituyen la base material del pensamiento. Las neuronas están unidas entre sí y sus conexiones desempeñan un papel crucial en lo que llamamos pensamiento, pero la conexión a gran escala de las neuronas no empieza hasta el sexto mes de embarazo.

Mediante la colocación de electrodos inofensivos en la cabeza de un individuo, los científicos pueden medir la actividad eléctrica emanada de la red de neuronas cerebrales. Diferentes tipos de acción mental revelan distintas clases de ondas cerebrales, pero las pautas regulares típicas del cerebro humano de un adulto no aparecen en el feto hasta cerca de la trigésima semana del embarazo, hacia el comienzo del tercer trimestre. Hasta entonces, los fetos, por vivos y activos que parezcan, carecen de la necesaria arquitectura cerebral. Todavía no pueden pensar. Aceptar que se puede matar cualquier criatura viva, en especial una que más tarde tal vez se convierta en un bebé, es problemático y doloroso, pero hemos rechazado los extremos «siempre» y «nunca», y eso nos coloca, querámoslo o no, en la pendiente resbaladiza. Si tenemos que optar por un criterio de desarrollo, aquí es donde hay que trazar la raya: cuando se hace posible un mínimo asomo de pensamiento característicamente humano.

Se trata, en realidad, de una definición muy conservadora: rara vez se encuentran en un feto ondas cerebrales regulares. Serían útiles nuevas investigaciones (también comienzan tardíamente las ondas cerebrales bien definidas durante la gestación de fetos de babuinos y ovejas). Si pretendemos que el criterio sea todavía más estricto para tomar en consideración el desarrollo cerebral precoz de algún feto, podemos trazar la raya a los seis meses. Ahí es en donde la trazó el Tribunal Supremo de Estados Unidos en 1973, aunque por razones completamente diferentes.

Su decisión en el caso Roe contra Wade modificó la legislación estadounidense sobre el aborto, que lo permite a petición de la mujer sin limitaciones durante el primer trimestre y, con ciertas restricciones encaminadas a proteger su salud, en el segundo trimestre, y autoriza a los estados a prohibir el aborto en el tercer trimestre, excepto cuando exista una seria amenaza para la vida o la salud de la mujer. En la decisión de Webster de 1989, el Tribunal Supremo se negó explícitamente a revocar la sentencia del caso Roe contra Wade, pero de hecho invitó a las 50 legislaturas estatales a que decidiesen por su cuenta.

¿Cuál fue el razonamiento en el caso Roe contra Wade? No reconocía peso legal a lo que suceda con los niños una vez nacidos o con la familia. El tribunal determinó, en cambio, que el derecho de una mujer a la libertad de reproducción se halla protegido por la garantía constitucional de su intimidad. Ahora bien, ese derecho no es omnímodo. Hay que sopesar la garantía de intimidad de la mujer y el derecho a la vida del feto, y cuando el tribunal consideró la cuestión otorgó prioridad a la intimidad en el primer trimestre y a la vida en el tercero. La transición no se estableció según las consideraciones tratadas hasta ahora en este capítulo: cuándo sucede la «infusión del alma» o en qué momento reviste el feto suficientes rasgos humanos para ser protegido por la legislación contra el asesinato. El criterio adoptado fue, por el contrario, si el feto podía vivir fuera de la madre. Esto es lo que se denomina «viabilidad», y depende en parte de la capacidad de respirar. Sencillamente, los pulmones no están desarrollados y el feto no puede respirar —por muy perfeccionado que fuese el pulmón artificial de que se le dotase— hasta cerca de la vigésimo cuarta semana, hacia el comienzo del sexto mes. Es por esto por lo que la legislación estadounidense permite a los estados prohibir los abortos en el tercer trimestre. Se trata de un criterio muy pragmático.

Según la argumentación, si en una cierta etapa de la gestación pudiese ser viable el feto fuera del útero, entonces su derecho a la vida se impondría al derecho de la mujer a la intimidad. Ahora bien, ¿qué significa «viable»? Incluso un recién nacido a término no es viable sin cuidado y cariño considerables. Hace tan sólo unas décadas, antes de las incubadoras, la viabilidad de los bebés nacidos en el séptimo mes era improbable. ¿Hubiera sido admisible entonces abortar en el séptimo mes? ¿Se tornaron de repente inmorales los abortos en el séptimo mes tras la invención de las incubadoras? ¿Qué sucederá si en el futuro se desarrolla una nueva tecnología que permita a un útero artificial mantener un feto vivo incluso antes del sexto mes, proporcionándole oxígeno y nutrientes a través de la sangre (como hace la madre a través de la placenta)? Reconocemos que es improbable que vaya a existir esa tecnología a corto plazo o que llegue a estar al alcance de gran número de personas, pero ¿sería entonces inmoral abortar antes del sexto mes cuando antes no lo era? Una moralidad que depende de la tecnología y cambia con

ésta es una moralidad frágil y, para algunos, inaceptable.

Es más, ¿por qué han de ser la respiración, el funcionamiento de los riñones o la capacidad de resistir las enfermedades, por ejemplo, justificativos de la protección legal? ¿Sería admisible matar un feto que revelase pensamientos y sentimientos pero que no fuera capaz de respirar? A nuestro juicio, el argumento de la viabilidad no puede determinar de manera coherente cuándo son admisibles los abortos. Se requiere otro criterio. Una vez más, ofrecemos la consideración del primer atisbo de pensamiento humano.

Puesto que, por término medio, el pensamiento fetal comienza a manifestarse incluso después del desarrollo fetal de los pulmones, creemos que la sentencia del caso Roe contra Wade fue una decisión buena y prudente respecto de una cuestión compleja y difícil. Con la prohibición del aborto en el último trimestre —excepto en los casos de grave necesidad médica— se alcanza un equilibrio justo entre las reivindicaciones enfrentadas de la libertad y de la vida.

Cuando apareció este artículo en *Parade*, iba acompañado de un recuadro con un número de teléfono al que podían llamar los lectores para manifestar sus opiniones sobre el aborto. Se recibieron nada menos que 380.000 llamadas. Había cuatro opciones: «el aborto tras la concepción es un asesinato», «una mujer tiene derecho a optar por el aborto en cualquier momento de su embarazo», «debería permitirse el aborto durante los tres primeros meses de embarazo» y «debería permitirse el aborto durante los seis primeros meses de embarazo». *Parade* aparece en domingo, y para el lunes las opiniones estaban bien repartidas entre estas cuatro opciones. Luego Pat Robertson, un evangelista integrista aspirante a la candidatura presidencial republicana de 1992, compareció en su programa diario de televisión apremiando al público a tirar *Parade* a la basura y lanzando con claridad el mensaje de que matar un cigoto humano es asesinato. Se salieron con la suya. A la actitud de la mayoría de norteamericanos, por lo general favorable a la elección —como repetidamente muestran los sondeos de opinión demográficamente controlados y reflejada en los primeros resultados de las llamadas— se impuso de manera abrumadora una organización política.

## 16. LAS REGLAS DEL JUEGO

Todo lo moralmente justo deriva de una de estas cuatro fuentes: la percepción plena o la deducción inteligente de lo que es cierto, la preservación de una sociedad organizada donde cada hombre reciba lo que merece y todas las obligaciones sean fielmente cumplidas, la grandeza y la fuerza de un espíritu noble e invencible, o el orden y la moderación en todo lo dicho y hecho, es decir, la templanza y el dominio de uno mismo.

Cicerón,

*De Officiis*, I, 5 (45-44 a. de C.)

*Recuerdo el final de un día largo y perfecto de 1939, una jornada que influyó vigorosamente en mi pensamiento, un día en que mis padres me llevaron a ver las maravillas de la Exposición Universal de Nueva York. Era tarde, muy pasada ya la hora de acostarse. Instalado firmemente sobre los hombros de mi padre, agarrado a sus orejas, con la presencia tranquilizadora de mi madre al lado, me volví para contemplar el gran Trylon y la Perisphere, los iconos arquitectónicos de la Exposición, bajo un trémulo resplandor azul pastel. Dejábamos atrás el futuro, el Mundo del Mañana, camino del metro. Cuando nos detuvimos para ordenar nuestros paquetes, mi padre empezó a hablar con un hombre de corta estatura y aspecto cansado que llevaba una bandeja colgada del cuello. Vendía lápices. Mi padre hurgó en la bolsa de papel pardo donde guardaba lo que nos había sobrado de la comida, sacó una manzana y se la entregó al hombre de los lápices. Yo dejé escapar un sonoro gemido. Por entonces no me gustaban las manzanas y había rechazado aquélla tanto a la hora del almuerzo como en la cena. Sin embargo, yo tenía un interés de propietario en ella. Era mi manzana y mi padre acababa de dársela a un desconocido de extraña apariencia que, para, más inri, me fulminaba ahora con la mirada.*

*Aunque mi padre era una persona de paciencia y ternura casi ilimitadas, pude advertir que lo había decepcionado. Me alzó y abrazó con fuerza.*

*«Es un pobre vagabundo, sin trabajo —me dijo en voz baja para que el hombre no le oyese—. No ha comido en todo el día. Nosotros tenemos bastante. Podemos darle una manzana. »*

*Reflexioné, ahogué mis sollozos, eché otra ansiosa mirada al Mundo del Mañana y de buen talante me quedé dormido en sus brazos.*

Los códigos morales que tratan de regular la conducta humana nos han acompañado no sólo desde el alba de la civilización, sino entre nuestros antepasados, los precivilizados y sociables cazadores-recolectores, e incluso antes. Cada sociedad tiene su propio código. Muchas culturas dicen una cosa y hacen otra. En unas cuantas sociedades afortunadas, un legislador inspirado establece una serie de reglas de convivencia (la mayor parte de las veces afirmando que han sido instruidas por un dios, sin lo cual pocos las seguirían). Por ejemplo, los códigos de Asoka (India), Hammurabi (Babilonia), Licurgo (Esparta) y Solón (Atenas), que otrora rigieron civilizaciones poderosas, están ahora, en gran medida, perimidos. Tal vez juzgaron erróneamente la naturaleza humana y nos pidieron demasiado. Quizá la experiencia de una época o una cultura no sea plenamente aplicable a otra.

Para nuestra sorpresa, surgen ahora esfuerzos —por el momento tentativos— para abordar la cuestión científicamente, es decir, de manera experimental.

Tanto en nuestra vida cotidiana como en las relaciones trascendentales entre las naciones tenemos que decidir. ¿Qué significa hacer lo que es justo? ¿Debemos ayudar a un desconocido en apuros? ¿Cómo tratar a un enemigo? ¿Debemos aprovecharnos de alguien que nos trata amablemente? ¿Hay que pagar con la misma moneda cuando somos agraviados por un amigo o auxiliados por un enemigo, o acaso el conjunto de la conducta pasada supera cualquier desviación reciente de la norma? Ejemplos: nuestra cuñada hace caso omiso de un desaire y nos invita a la cena de Nochebuena; ¿deberíamos aceptar? Rompiendo una moratoria voluntaria mundial de cuatro años, China reanuda las pruebas de armas nucleares; ¿tiene que hacer otro tanto Estados Unidos?, ¿cuánto debemos donar a obras de caridad? Los soldados serbios violan sistemáticamente a las mujeres bosnias; ¿tienen los soldados bosnios que violar sistemáticamente a las mujeres serbias? Tras siglos de opresión, el líder del Partido Nacionalista

F. W. de Klerk formula unas propuestas al Congreso Nacional Africano; ¿deben hacer otro tanto Nelson Mándela y el CNA? Un compañero de trabajo le deja mal ante el jefe; ¿tiene usted que tratar de hacerle lo mismo? ¿Deberíamos falsear la declaración de la renta si se nos garantizara impunidad? ¿Tenemos que pasar por alto la contaminación del medio ambiente por parte de una empresa petrolífera que subvenciona una orquesta sinfónica o un buen programa de televisión? ¿Hemos de mostrarnos cordiales con los parientes ancianos, aunque nos crispemos los nervios? ¿Podemos hacer trampas jugando a las cartas, o en una escala mayor? ¿Hay que matar a los asesinos?

Al tomar tales decisiones no sólo nos preocupa hacer lo que es justo, sino también lo eficaz, lo que nos da, a nosotros y al resto de la sociedad, más felicidad y seguridad. Existe una tensión entre lo que denominamos ético y lo que llamamos pragmático. Aun a largo plazo, si una conducta ética desembocase en un fracaso no la calificaríamos de ética sino de estúpida. (Es posible que en principio la respetásemos, pero en la práctica nos desentenderíamos de ella.) Habida cuenta de la variedad y la complejidad de la conducta humana, ¿existen unas reglas simples —llámese las éticas o pragmáticas— que realmente funcionen?

¿Cómo decidir qué debemos hacer? Nuestras respuestas están en parte determinadas por el propio interés. Obramos del mismo modo que obran con nosotros o de manera contraria porque así esperamos conseguir lo que deseamos. Las naciones montan o ensayan armas nucleares para conseguir el respeto de las demás. Devolvemos bien por mal porque sabemos que a veces podemos despertar el sentido de la justicia de otros o hacer que se avergüencen de su conducta. Sin embargo, no siempre actuamos por motivos egoístas. Algunas personas parecen ser amables por naturaleza. Podemos soportar la irritación que nos provocan unos padres ancianos o unos hijos revoltosos porque los queremos y deseamos que sean felices, aun a costa de nosotros. A veces nos mostramos duros con los hijos y les causamos una pequeña infelicidad porque pretendemos moldear su carácter y creemos que los resultados a largo plazo los harán más felices que el dolor a corto plazo.

Los casos difieren. Las personas y las naciones también. Parte de nuestra sabiduría consiste en salvar este laberinto. La cuestión es si existen, habida cuenta de la variedad y complejidad de la conducta humana, unas reglas simples —llamémoslas éticas o pragmáticas— que realmente funcionen. ¿O quizá deberíamos tratar de no reflexionar sobre la cuestión y hacer sencillamente lo que parece justo? Ahora bien, ¿cómo *determinar* aun entonces lo que «parece justo»?

La norma más admirada de conducta, al menos en Occidente, es la «regla de oro», atribuida a Jesús de Nazaret. Cualquiera conoce su formulación en el *Evangelio de san Mateo* del siglo I: «Todo cuanto queráis que os hagan los hombres, hacédselo también vosotros a ellos.» Casi nadie la observa. Cuando en el siglo V a. de C. se solicitó al filósofo chino Kung-Tzi (conocido en Occidente como Confucio) su opinión sobre la norma (para entonces ya bien conocida) de pagar el mal con bien, replicó: «¿Con qué pagaréis entonces el bien?» ¿Debe la mujer pobre que envidia la riqueza de su vecina dar a la rica lo poco que tiene? ¿Debe el masoquista infligir dolor a su vecino? La regla de oro no toma en consideración las diferencias humanas. ¿Somos realmente capaces, después de haber recibido una bofetada en la mejilla, de poner la otra para que también la abofeteen? ¿Acaso no es esto garantía de un mayor sufrimiento frente a un adversario desalmado?

La «regla de plata» es diferente: «No hagas a los demás lo que no quisieras que te hiciesen.» También puede hallarse en el mundo entero, incluso una generación antes de Jesús, en los textos del rabino Hillel. Los ejemplos más inspirados de la aplicación de la regla de plata en el siglo XX fueron los de Mohandas Gandhi y Martin Luther King, quienes pidieron a los pueblos oprimidos que no devolvieran violencia por violencia, pero que tampoco se mostrasen sumisos y obedientes. Postularon la desobediencia civil, mostrando la justicia de su causa a través de la disposición a ser castigados por desafiar una ley injusta. Pretendían conmover los corazones de sus opresores (y de los que todavía no habían tomado partido).

King rindió tributo a Gandhi como primera persona en la historia que convirtió las reglas de oro o plata en instrumentos eficaces de cambio social. Gandhi dejó claro el origen de su conducta: «Aprendí de mi esposa la lección de la no violencia cuando traté de doblegarla a mi voluntad. Su resuelta resistencia a mi voluntad por un lado y su callada sumisión a los sufrimientos que mi necesidad implicaba por otro, determinaron que en definitiva me sintiera avergonzado de mí mismo y curase de la estupidez de haber pensado que yo había nacido para gobernarla.»



La desobediencia civil no violenta ha logrado notables cambios políticos en este siglo, hizo que la India se emancipase del poder británico, promovió por doquier el final del colonialismo clásico y proporcionó algunos derechos civiles a los norteamericanos de origen africano (aunque también puede haber contribuido a ello la amenaza de la violencia de otros, desautorizada sin embargo por Gandhi y King). El Congreso Nacional Africano (CNA) creció dentro de la tradición gandhiana, pero hacia la década de los cincuenta resultaba evidente que la insumisión no violenta de nada valía frente al Partido Nacionalista blanco en el poder. De manera que, en 1961, Nelson Mándela y los suyos formaron el *Umkhonto we Sizwe* (Lanza de la Nación), ala militar del CNA, sobre la base absolutamente antigandhiana de que lo único que los blancos entienden es la fuerza.

Incluso Gandhi tuvo dificultades para conciliar el empleo de la no violencia con las necesidades de la defensa frente a quienes seguían reglas de conducta menos sublimes: «Carezco de calificación para enseñar mi filosofía de la vida. Apenas la poseo para practicar la filosofía en que creo. No soy más que una pobre alma que pugna y se afana por ser [...] del todo sincera y del todo no violenta en pensamientos, palabras y obras, pero que nunca logra alcanzar el ideal.»

«Paga el bien con bien, pero el mal con justicia», dijo Confucio. Ésta podría llamarse «regla de bronce»: «Haz a los demás lo que ellos te hagan.» Es la *lex talionis*, «ojo por ojo y diente por diente», *más* «un bien merece otro». Es la norma familiar en la conducta verdaderamente humana (y del chimpancé). «Si el enemigo se inclina hacia la paz, inclínate también hacia la paz», dijo el presidente Clinton citando el Corán durante la firma de los acuerdos entre israelíes y palestinos. Sin tener que recurrir a lo mejor de la naturaleza de alguien, establecemos una especie de condicionamiento operante, premiándolo cuando se porta bien con nosotros y castigándolo cuando no es así. No nos dejamos arrollar, pero tampoco nos mostramos implacables. Parece prometedor. ¿O acaso es verdad que «dos males no hacen un bien» ?

De acuñación inferior es la «regla de hierro»: «Haz a los demás lo que te plazca, antes de que ellos te lo hagan a ti.» A veces se formula como «quien tiene el oro establece las reglas», subrayando no sólo una desviación de la regla de oro, sino su desdén por ésta. Es la máxima secreta de muchos, si es que consiguen aplicarla, y a menudo el precepto tácito de los poderosos.

Finalmente, debo mencionar otras dos reglas, empleadas por doquier y que explican muchas cosas. Una es «trata de ganarte el favor de los que están por encima de ti y abusa de los que tienes debajo». Éste es el lema de los matones y la norma en muchas sociedades de primates no humanos. De hecho es aplicar la regla de oro para los superiores y la regla de hierro para los inferiores. Como no existe ninguna aleación conocida de oro y hierro, la llamaremos la «regla de hojalata» por su flexibilidad. La otra regla corriente es «privilegia en todo a tus parientes próximos y haz lo que te plazca con los demás». Esta regla, conocida como nepotismo, es llamada por los evolucionistas «selección de parentesco».

Pese a su aparente sentido práctico, hay un defecto fatal en la regla de bronce: la *vendetta* inacabable. Apenas importa quién haya comenzado: la violencia engendra violencia. «No existe un camino hacia la paz —dijo A. J. Muste—. La paz es el camino.» Pero la paz es difícil y la violencia fácil. Aunque casi todos estén de acuerdo en ponerle fin, un solo acto de venganza puede desencadenarla de nuevo: la viuda llorosa y los hijos entristecidos de un pariente muerto, ancianos y ancianas que recuerdan atrocidades de su niñez. Nuestra parte razonable trata de mantener la paz, pero nuestra parte apasionada clama venganza. Los extremistas de dos facciones contendientes pueden contar los unos con los otros. Se alían frente al resto de nosotros y desdeñan las apelaciones a la comprensión y el bien. Unos pocos exaltados pueden incitar a la brutalidad y la guerra a una legión de personas prudentes y racionales.

En el mundo occidental muchos quedaron tan hipnotizados por los repulsivos acuerdos de Munich firmados en 1938 con Adolf Hitler que ahora son incapaces de distinguir entre la cooperación y el apaciguamiento. En vez de tener que juzgar cada gesto y cada postura por sus propios méritos, decidimos de inmediato que el adversario es profundamente malvado, que hay mala fe en todas sus concesiones y que la fuerza es lo único que entiende. Tal vez éste fuera un juicio certero en lo que a Hitler se refiere, pero en general no lo es (por mucho que yo desee que se hubiera producido una reacción de fuerza ante la ocupación militar de Renania) porque consolida la animadversión en ambos bandos y hace mucho más probable el conflicto. En un mundo con armas nucleares, una hostilidad inflexible supone peligros especiales y más que terribles.

Sé que es muy difícil poner fin a una larga serie de represalias. Hay grupos étnicos que se han debilitado hasta la extinción porque carecían de una maquinaria que les permitiera escapar a este ciclo (los caingangues de las mesetas brasileñas, por ejemplo). Las nacionalidades contendientes en la ex Yugoslavia, Ruanda y otros lugares pueden ser ejemplos futuros. La regla de bronce parece demasiado inexorable. La de hierro promueve la ventaja de unos pocos, implacables y poderosos, contra los intereses de todos los demás. Las reglas de oro y de plata parecen condescendientes en exceso y fracasan de manera sistemática a la hora de castigar la crueldad y la explotación. Confían en inducir a las gentes a abandonar el mal por el bien, mostrando que es posible la cordialidad. Sin embargo, hay sociópatas a quienes importan poco los sentimientos de los demás, y es difícil imaginar a un Hitler o a un Stalin avergonzados hasta redimirse por el buen ejemplo. ¿Existe una regla entre la de oro y la de plata por un lado y las de bronce, hierro y hojalata por el otro, que funcione mejor que cualquiera de éstas por sí sola?

¿Cómo podemos decidir cuál emplear, cuál funcionará, entre tantas y tan diferentes reglas? Es posible que en la misma persona o nación opere más de una regla. ¿Estamos condenados a guiarnos sólo por suposiciones, a fiarnos de la intuición o, sencillamente, a repetir lo que se nos ha enseñado? Dejemos a un lado, sólo por un momento, todas las reglas a que nos hayamos acostumbrado y aquellas ante las que apasionadamente sentimos —quizá por un hondamente arraigado sentido de la justicia— que tienen que ser justas.

Imaginemos que no tratamos de confirmar o negar lo que se nos haya enseñado, sino de averiguar lo que realmente funciona. ¿Hay algún modo de contrastar códigos éticos en competencia? ¿Cabe explorar científicamente la materia, admitiendo que el mundo real puede ser mucho más complejo que cualquier simulación?

Estamos habituados a participar en juegos en los que alguien gana y alguien pierde. Cada punto conseguido por nuestro adversario nos deja un poco más atrás. Los juegos de esta clase parecen naturales, y a muchas personas les costaría trabajo imaginar un juego en el que no se debatieran la victoria y la derrota. En los juegos de ganar-perder, las pérdidas son equivalentes a las ganancias, por eso se denominan «juegos de suma cero». No existe ambigüedad respecto de las intenciones del oponente: dentro de las reglas del juego, hará cuanto pueda para derrotarnos.

Muchos niños se espantan la primera vez que se enfrentan claramente a la derrota en los juegos de ganar-perder.

Al borde de la bancarrota en el *Monopolio*, alegan una dispensa especial (exención de rentas, por ejemplo) y cuando ésta no se admite, puede que denuncien entre lágrimas que el juego les parece duro y cruel, como así es (a veces he visto, y no sólo a niños, tirar por el suelo tablero, hoteles y fichas entre manifestaciones de ira y humillación). Las reglas de este juego no permiten que los participantes cooperen en beneficio de todos. El juego no está concebido para eso.

Lo mismo cabe decir del boxeo, el fútbol, el hockey, el baloncesto, el béisbol, el lacrosse, el tenis, el pádel, el ajedrez, de todas las pruebas olímpicas, las regatas, las carreras de coches y la política partidista. En ninguno de estos juegos existe una oportunidad de practicar la regla de oro ni la de plata, ni siquiera la de bronce. Sólo hay espacio para las reglas de hierro y hojalata. ¿Por qué, si la reverenciamos, resulta tan rara la regla de oro en los juegos que enseñamos a nuestros hijos?

Tras un millón de años de tribus intermitentemente bélicas, estamos bien preparados para pensar en el modo de suma cero y para tratar cada interacción como una pugna o un conflicto. Sin embargo, la guerra nuclear (y muchas contiendas convencionales), la depresión económica y las agresiones al medio ambiente global son todas propuestas de «perder-perder». Anhelos humanos tan vitales como el amor, la amistad, la paternidad, la música, el arte y la búsqueda del conocimiento son propuestas de «ganar-ganar». Nuestra visión parece peligrosamente angosta si todo lo que sabemos es ganar-perder.

El campo científico que aborda estas cuestiones se denomina teoría de juegos, y se ha empleado en táctica y estrategia militares, política comercial, competencia empresarial, limitación de la contaminación ambiental y planes de guerra nucleares. El juego paradigmático es el «dilema del preso». En gran medida es lo opuesto a los juegos de suma cero. Son posibles tres resultados: ganar-ganar, ganar-perder y perder-perder. Los libros «sagrados» tienen poco que decir acerca

de la estrategia que debe emplearse. Se trata de un juego plenamente pragmático.

Imaginemos que dos amigos han sido detenidos por cometer un delito grave. A efectos del juego, no importa quién es el culpable, si lo son los dos o si no lo es ninguno. Lo que cuenta es que la policía cree que lo son. Antes de que hayan tenido tiempo de ponerse de acuerdo o de planificar una estrategia, los llevan a celdas distintas para ser interrogados. Allí, sin atender a los elementales derechos que los asisten (el de guardar silencio, entre otros), los agentes tratan de que confiesen. Como a veces hace la policía, le dicen a uno que su amigo (¡vaya amigo!) ya ha confesado acusándolo del delito. Es posible que la policía diga la verdad o que mienta. Al interrogado sólo se le permite declararse inocente o culpable. ¿Cuál es el mejor recurso para que el castigo sea mínimo, en el caso de que uno esté dispuesto a decir algo?

He aquí los resultados posibles:

Si uno niega haber cometido el delito y (sin que lo sepa) su amigo también lo niega, puede que sea difícil probar su culpa. Tras el proceso, ambas sentencias serán muy leves.

Si uno confiesa y su amigo hace otro tanto, entonces será pequeño el esfuerzo que el Estado habrá tenido que realizar para resolver el caso. Como compensación, puede que ambos reciban una pena ligera, aunque no tanto como si hubieran afirmado su inocencia.

Ahora bien, si uno se declara inocente y su amigo confiesa, el Estado pedirá la sentencia máxima para él y el castigo mínimo (o quizá ninguno) para su amigo. Ambos presos resultan muy vulnerables a lo que los teóricos del juego denominan «deserción».

En consecuencia, si los dos presos «cooperan» declarándose inocentes (o culpables), ambos evitarán lo peor. ¿Es conveniente jugar sobre seguro y garantizarse un tipo medio de castigo confesándose culpable? Entonces, si el otro se declara inocente, pues peor para él, y uno puede salir relativamente indemne.

Si uno se lo piensa bien, queda claro que, haga lo que haga el otro, es mejor desertar que cooperar. Desgraciadamente, lo mismo le ocurre al otro. Además, si ambos desertan quedarán en peor situación que si hubieran cooperado. Éste es el llamado «dilema del preso».

Consideremos ahora un dilema del preso repetido donde ambos jugadores pasan por una secuencia de partidas. Al final de cada una saben, por el tipo de castigo recibido, qué ha dicho el otro. Así adquieren experiencia acerca de la estrategia del otro. ¿Aprenderán a cooperar partida tras partida, negando siempre los dos haber cometido delito alguno, aunque sea grande el premio por no colaborar con el otro?

Podemos tratar de cooperar o de desertar, en función de cómo se hayan desarrollado la partida o las partidas anteriores. Si cooperamos en exceso, es posible que el otro jugador explote nuestra buena naturaleza. Si desertamos en exceso, es posible que el otro deserte a menudo, y eso es malo para ambos. Sabemos que nuestra pauta de deserción es una información que aprovecha el otro jugador. ¿Cuál es la combinación adecuada de cooperación y deserción? De esta forma el modo de comportarse se convierte, al igual que cualquier otro aspecto de la naturaleza, en materia que debe investigarse experimentalmente.

La cuestión se ha explorado en un torneo informático presentado por Robert Axelrod, sociólogo de la Universidad de Michigan, en su notable libro *The Evolution of Cooperation*. Se enfrentan varios códigos de conducta y al final vemos quién gana (el que consigue la suma mínima de penas de cárcel). La estrategia más sencilla puede consistir en cooperar siempre, sin importar la ventaja que adquiera el otro, o en no cooperar jamás, sin importar los beneficios que pudieran derivarse de la cooperación. Estos son los equivalentes a la regla de oro y la regla de hierro. Siempre pierden, una por exceso de generosidad, la otra por exceso de egoísmo. También pierden las estrategias lentas en castigar la deserción (en parte porque indican al contrario que la falta de cooperación puede ser ventajosa.) La regla de oro no es sólo una estrategia ineficaz: también es peligrosa para los otros jugadores que pueden triunfar a corto plazo sólo para ser aplastados a largo plazo por los explotadores.

¿Debemos desertar al principio y cooperar luego en todas las partidas futuras si nuestro oponente coopera siquiera una vez? ¿Debemos cooperar al principio y desertar después en todas las demás partidas si nuestro oponente deserta siquiera una vez? Estas estrategias también pierden. A diferencia de lo que sucede en los deportes, no podemos contar con que nuestro

oponente esté siempre dispuesto a ganarnos.

La estrategia más eficaz en muchas de tales competiciones es la llamada «tal para cual». Es muy simple: uno comienza cooperando y en cada ronda subsiguiente se limita a hacer lo que hizo su oponente la última vez. Castiga las deserciones, pero una vez que el otro comienza a cooperar, se muestra dispuesto a olvidar el pasado. Al principio sólo parece obtener un éxito mediocre, pero con el paso del tiempo las demás estrategias acaban fracasando por exceso de altruismo o de egoísmo, y el término medio sigue adelante. Excepto por el hecho de portarse bien en el primer movimiento, la estrategia tal para cual es idéntica a la regla de bronce. Premia la cooperación y castiga la deserción muy pronto (en el juego inmediato) y posee la gran virtud de ser una estrategia completamente clara para el oponente (la ambigüedad estratégica puede ser mortal).

Una vez que varios jugadores emplean la regla de tal para cual, progresan juntos. Para triunfar, los estrategas de tal para cual tienen que encontrar otros dispuestos a hacer lo mismo y con los que puedan cooperar. Tras un primer torneo en

#### CUADRO DE REGLAS DE COMPORTAMIENTO PROPUESTAS

La regla de oro	Todo cuanto queráis que os hagan los hombres, hacédselo también vosotros a ellos.
La regla de plata	No hagas a los demás lo que no quisieras que te hiciesen.
La regla de bronce	Haz a los demás lo que ellos te hagan.
La regla de hierro	Haz a los demás lo que te plazca, antes que ellos te lo hagan a ti.
La regla de tal para cual	Coopera primero con los demás y luego haz lo que ellos te hagan.

el que inesperadamente ganó la regla de bronce, algunos expertos creyeron que la estrategia era demasiado clemente. En el torneo siguiente trataron de explotarla desertando más a menudo. Siempre perdieron. Incluso estrategias experimentados tendían a subestimar el poder del perdón y la reconciliación. La estrategia de tal para cual supone una mezcla interesante de inclinaciones: amistad inicial, disposición a perdonar y represalia audaz. Axelrod ha descrito la superioridad de la regla de tal para cual en tales torneos.

Cabe hallar algo semejante en todo el reino animal, y ha sido estudiado en nuestros parientes más próximos, los chimpancés. Esta conducta recibe el nombre de «altruismo recíproco», y ha sido descrita por el biólogo Robert Trivers. Los animales pueden hacer favores a otros ante la expectativa de que se los devuelvan (no siempre, pero sí con la frecuencia suficiente para que resulte útil). No puede decirse que se trate de una estrategia moral invariable, pero tampoco resulta infrecuente. No es necesario, pues, debatir la antigüedad de las reglas de oro, plata y bronce o la de tal para cual, y la prioridad de las prescripciones morales del *Levítico*. Las normas éticas de este género no fueron inventadas por algún legislador humano iluminado. Se remontan a un tiempo muy remoto en el pasado evolutivo. Estaban presentes en nuestro linaje ancestral desde antes que fuéramos humanos.

El dilema del preso es un juego muy simple. La vida real resulta considerablemente más compleja. ¿Es más probable que mi padre consiga una manzana si entrega la nuestra al hombre de los lápices? No la conseguirá de ese individuo, al que jamás volveremos a ver. Ahora bien, ¿es posible que la multiplicación de actos de caridad mejore la economía y que mi padre consiga así un aumento de sueldo? ¿O entregamos la manzana buscando gratificaciones emocionales y no económicas? Además, y a diferencia de los participantes en una partida ideal del dilema del preso, los seres humanos y las naciones entablan sus interacciones con ciertas predisposiciones, tanto hereditarias como culturales.

Las lecciones cruciales en un torneo no demasiado prolongado del dilema del preso tienen que ver con su claridad estratégica, con la naturaleza autodestructiva de la envidia, con la primacía de los objetivos a largo plazo sobre los beneficios a corto plazo, con los peligros tanto de la tiranía como de la demagogia, y, sobre todo, con el tratamiento experimental de la cuestión de

las normas de conducta. La teoría de juegos sugiere también que un amplio conocimiento de la historia constituye una herramienta clave para la supervivencia.

## 17. GETTYSBURG Y AHORA\*

Este discurso fue pronunciado el 3 de julio de 1988, ante unas 30.000 personas, con motivo del 125.º aniversario de la batalla de Gettysburg y la nueva consagración del cementerio de la Paz de la Luz Eterna, en el Parque Militar Nacional de Gettysburg, Pennsylvania. Cada cuarto de siglo, el cementerio de la Paz es objeto de una nueva dedicatoria; los presidentes Wilson, Franklin Roosevelt y Eisenhower fueron los oradores anteriores.

De *Lend Me Your Ears: Great Speeches in History*, seleccionados y presentados por William Safire,

Nueva York, W. W. Norton, 1992

Aquí murieron o fueron heridos 51.000 seres humanos, antepasados de algunos de nosotros, hermanos de todos. Éste fue el primer ejemplo de una guerra plenamente industrializada, con armas producidas por máquinas y transporte ferroviario de hombres y equipos. Representó el primer atisbo de una época que había de llegar, la nuestra; un indicio de lo que podía ser capaz la tecnología con fines bélicos. Aquí se empleó el nuevo fusil Spencer de repetición. En mayo de 1863, un globo de reconocimiento del ejército del Potomac detectó movimientos de tropas confederadas al otro lado del río Rappahannock, el comienzo de la campaña que condujo a la batalla de Gettysburg. Ese globo era un precursor de las fuerzas aéreas, los bombarderos estratégicos y los satélites de reconocimiento.

En los tres días que duró la batalla de Gettysburg se emplearon unos cuantos centenares de piezas de artillería. ¿Qué podían hacer? ¿Cómo era entonces la guerra? He aquí las palabras de un testigo ocular, Frank Haskell, de Wisconsin, que combatió en las fuerzas de la Unión, acerca de la pesadilla de las granadas que caían del cielo. Están tomadas de una carta dirigida a su hermano:

Con frecuencia no podíamos ver la granada hasta que estallaba, pero en ocasiones, cuando mirábamos hacia el enemigo por encima de nuestras cabezas, su aproximación era anunciada por un silbido prolongado que siempre se me antojaba como una línea de algo tangible terminada en una esfera negra, tan peculiar al ojo como había sido su sonido al oído. La granada parecía detenerse y quedar suspendida en el aire durante un instante para luego desaparecer entre el fuego, el humo y el ruido [...]. A menos de diez metros de nosotros estalló una entre unos matorrales donde aguardaban sentados tres o cuatro asistentes que cuidaban de los caballos. Mató a dos de los hombres y una cabalgadura.

Éste fue un hecho típico de la batalla de Gettysburg. Algo semejante se repetiría miles de veces. Aquellos proyectiles balísticos, lanzados por cañones que ahora se ven por doquier en este cementerio tenían, en el mejor de los casos, un alcance de pocos kilómetros. La cantidad de explosivo en la más temible de aquellas granadas era de 10 kilos aproximadamente, una centésima de tonelada de TNT. Bastaba para matar unas cuantas personas.

Los explosivos químicos más potentes, empleados 80 años más tarde durante la Segunda Guerra Mundial, fueron las bombas rompe manzanas, así llamadas porque podían destruir todo un bloque de edificios. Lanzadas desde aviones, tras un viaje de centenares de kilómetros, contenían 10 toneladas de TNT, mil veces más que el arma más poderosa de la batalla de Gettysburg. Una rompe manzanas era capaz de matar unas cuantas docenas de personas.

Justo al final de la Segunda Guerra Mundial, Estados Unidos empleó las primeras bombas atómicas para aniquilar dos ciudades japonesas. Cada una de esas armas, lanzadas tras un vuelo de más de 1.500 kilómetros, tenía una potencia equivalente a la de unas 10.000 toneladas de TNT, suficiente para matar a unos cuantos centenares de miles de personas. Una sola bomba.

Pocos años más tarde Estados Unidos y la Unión Soviética desarrollaron las primeras armas termonucleares, las bombas de hidrógeno. Algunas poseían una potencia explosiva equivalente a la de 10 millones de toneladas de TNT, suficientes para matar unos cuantos millones de personas. Una sola bomba. Ahora es posible lanzar armas nucleares estratégicas hacia cualquier

---

\* Escrito en colaboración con Ann Druyan. El discurso ha sido revisado y actualizado para este libro.

lugar del planeta. Toda la Tierra es ya un potencial campo de batalla.

Cada uno de esos triunfos tecnológicos hizo progresar el arte de la muerte en masa en un factor de mil. De Gettysburg a la rompe manzanas, una energía explosiva mil veces mayor, de la rompe manzanas a la bomba atómica, mil veces más, y de la atómica a la bomba de hidrógeno, otras mil veces más. Mil veces mil veces mil son mil millones; en menos de un siglo el arma más temible se ha hecho mil millones de veces más mortal. Sin embargo, nuestra prudencia no ha progresado mil millones de veces en las generaciones desde Gettysburg hasta ahora.

Las almas de los que aquí perecieron juzgarían indecible la carnicería de la que ahora somos capaces. Estados Unidos y la Unión Soviética han minado ya nuestro planeta con casi 60.000 armas nucleares. ¡Sesenta mil! Incluso una pequeña fracción de los arsenales estratégicos podría indiscutiblemente aniquilar a las dos superpotencias contendientes, probablemente destruir la civilización global y quizás hasta extinguir la especie humana. Ninguna nación ni hombre alguno debe tener tal poder. Distribuimos por todo nuestro frágil mundo esos instrumentos del Apocalipsis y lo justificamos diciendo que nos dan seguridad. Es un negocio de locos.

Las 51.000 bajas de Gettysburg representaron un tercio del ejército de la Confederación y una cuarta parte del de la Unión. Todos los que murieron, con una o dos excepciones, eran soldados. La excepción más conocida es la de una mujer que, dentro de su propia casa, se disponía a cocer pan y fue muerta por una bala que atravesó dos puertas; se llamaba Jennie Wade. En una guerra termonuclear global, en cambio, casi todas las bajas serían civiles, hombres, mujeres y niños, incluyendo un vasto número de ciudadanos de naciones que no habrían participado en el enfrentamiento previo a la contienda, muy alejadas de la «zona diana» en la latitud media septentrional. Habría miles de millones de Jennie Wade. Todo el mundo corre ahora ese riesgo.

En Washington hay un monumento dedicado a los norteamericanos que murieron en la más reciente de las grandes guerras estadounidenses, la del Sureste asiático. Allí perecieron 58.000 norteamericanos, cifra no muy diferente de la de las bajas de Gettysburg (ignoro, como con harta frecuencia hacemos, a uno o dos millones de vietnamitas, laosianos y camboyanos que también perecieron en esa contienda). Pensemos en ese monumento oscuro, sombrío, bello, emotivo, impresionante. Piensen en su longitud; en realidad, no mucho mayor que la de una calle suburbana. 58.000 nombres. Imaginemos ahora que seamos tan estúpidos o negligentes como para permitir que haya una conflagración nuclear y que después se construya un monumento similar. ¿Qué longitud debería tener para acoger los nombres de todos los que morirían en una gran guerra nuclear? Cerca de 1.500 kilómetros. Llegaría desde aquí, en Pennsylvania, hasta Missouri. De todas formas, es seguro que no habría nadie para construirlo y pocos quedarían para leer la lista de los caídos.

En 1945, al concluir la Segunda Guerra Mundial, Estados Unidos y la Unión Soviética eran virtualmente invulnerables. Estados Unidos, limitado al este y al oeste por océanos vastos e infranqueables, al norte y al sur por vecinos débiles y amigos, tenía las fuerzas armadas más eficaces y la economía más sólida del planeta. No había nada que temer. Después, construimos armas nucleares junto con sus sistemas de lanzamiento. Iniciamos y alentamos vigorosamente una carrera de armamento con la Unión Soviética. Una vez desencadenada, todos los ciudadanos estadounidenses pusieron sus vidas en manos de los dirigentes de la Unión Soviética. Incluso ahora, tras el final de la guerra fría, tras el final de la Unión Soviética, si Moscú decide que debemos morir, estaremos muertos en 20 minutos. En una simetría casi perfecta, la Unión Soviética poseía en 1945 el mayor ejército en pie de guerra del mundo y carecía de amenazas militares que la inquietaran. Se sumó a Estados Unidos en la carrera nuclear, de manera que en la Rusia de hoy la vida de todos se encuentra en manos de los dirigentes de Estados Unidos. Si Washington decide que deben morir, estarán muertos al cabo de 20 minutos. La existencia de cada norteamericano y de cada ruso depende ahora de una potencia extranjera. Ya dije que éste es un negocio de locos. Nosotros —estadounidenses, rusos— hemos invertido 43 años y un vasto tesoro nacional en hacernos perfectamente vulnerables a un aniquilamiento instantáneo. Lo hemos hecho en nombre del patriotismo y de la «seguridad nacional», así que nadie está al parecer autorizado a discutirlo.

Dos meses antes de Gettysburg, el 3 de mayo de 1863, la Confederación logró una victoria en la batalla de Chancellorsville. En la noche de luna que siguió al choque, cuando el general Stonewall Jackson y su estado mayor regresaban a las líneas de los confederados fueron

confundidos con la caballería de la Unión. Jackson resultó herido de muerte por dos balas debido a un error de sus propios soldados.

Cometemos errores. Matamos a los nuestros.

Hay quienes afirman que, puesto que no se ha producido todavía una guerra nuclear accidental, tienen que ser adecuadas las precauciones adoptadas para evitarla. Sin embargo, aún no hace tres años fuimos testigos de los desastres del transbordador espacial *Challenger* y de la central nuclear de Chernobyl, dos sistemas de alta tecnología, uno norteamericano, otro soviético, en los que se habían invertido enormes cantidades de prestigio nacional. Había razones apremiantes para prevenir esos desastres. En los años anteriores, funcionarios de ambas naciones afirmaron con seguridad que no podían suceder accidentes de ese tipo. No temamos por qué preocuparnos. Los expertos no permitirían que se produjera un accidente. Desde entonces hemos aprendido que esas seguridades no valen gran cosa.

Cometemos errores. Matamos a los nuestros.

Éste es el siglo de Hitler y de Stalin, prueba —si es que se requiere alguna— de que unos locos pueden apoderarse de las riendas del poder en los modernos estados industriales. Si admitimos un mundo con casi 60.000 armas nucleares, estamos apostando nuestra vida a la afirmación de que ningún dirigente presente o futuro, militar o civil de Estados Unidos, la Unión Soviética, Gran Bretaña, Francia, China, Israel, India, Pakistán, Sudáfrica y cualesquiera otras potencias nucleares que pueda haber, se apartará de las normas más estrictas de prudencia. Nos fiamos de su cordura y sobriedad, incluso en momentos de gran crisis personal y nacional; de las de todos y cada uno, para siempre. Creo que es pedirnos demasiado. Porque cometemos errores. Matamos a los nuestros.

La carrera de las armas nucleares y la concomitante guerra fría cuestan algo. No nos salen gratis. ¿Cuál ha sido el precio de la guerra fría, aparte de privar a la economía civil de inmensos recursos fiscales e intelectuales, y del coste psíquico de vivir bajo la espada de Damocles?

Entre el comienzo de la guerra fría en 1946 y su final en 1989, Estados Unidos invirtió más de 10 billones de dólares (de 1989) en su enfrentamiento global con la Unión Soviética. De esta suma, una tercera parte, como mínimo, fue gastada por la administración Reagan, que incrementó la deuda nacional más que todos los anteriores gobiernos desde la época de George Washington. Al comienzo de la guerra fría, y en cualquier aspecto significativo, la nación resultaba intocable para cualquier fuerza militar extranjera. Ahora, tras el gasto de este inmenso tesoro nacional (y a pesar de que haya concluido la guerra fría), Estados Unidos es vulnerable a un aniquilamiento virtualmente instantáneo.

Una empresa que consumiera su capital de modo tan temerario y con tan escasos resultados, habría entrado en bancarrota hace mucho tiempo. Unos ejecutivos que no consiguieran advertir un fiasco tan claro de su política empresarial habrían sido destituidos por los accionistas hace mucho tiempo.

¿Qué otra cosa podría haber hecho Estados Unidos con ese dinero? (No todo, puesto que, desde luego, resulta necesaria una prudente defensa, pero digamos la mitad.) Con un poco más de cinco billones de dólares, diestramente invertidos, habríamos realizado quizá grandes progresos en pro de la eliminación del hambre, la escasez de viviendas, las enfermedades infecciosas, el analfabetismo, la ignorancia, la pobreza y la salvaguardia del medio ambiente, no sólo en Estados Unidos, sino en el mundo entero. Podríamos haber contribuido a que el planeta fuese autosuficiente en el plano agrícola y a erradicar muchas de las causas de la violencia y la guerra. Todo eso podría haber sido realidad con un beneficio enorme para la economía norteamericana. Habríamos sido capaces de reducir considerablemente la deuda nacional. Por menos de una centésima parte de ese dinero podríamos haber organizado un programa internacional a largo plazo para la exploración tripulada de Marte. Con una pequeña fracción de ese dinero podrían subvencionarse durante décadas prodigios de la inventiva humana en el arte, la arquitectura, la medicina y las ciencias. Habría habido espléndidas oportunidades tecnológicas y de progreso.

¿Hemos sido prudentes al gastar tanto de nuestras vastas riquezas en los preparativos y la parafernalia de la guerra? En el momento presente nuestros gastos militares siguen estando dentro de la escala de la guerra fría. Hemos hecho un negocio de locos. Nos hemos trabado en un abrazo mortal con la Unión Soviética, alentado siempre cada bando por los numerosos



entueros del otro; pensando casi siempre a corto plazo —en la próxima elección legislativa o presidencial, en el siguiente congreso del partido— sin contemplar casi nunca la perspectiva.

Dwight Eisenhower, que estuvo estrechamente ligado a esta comunidad de Gettysburg, declaró: «El problema de los gastos de la defensa consiste en determinar hasta dónde se puede llegar sin destruir desde dentro lo que se trata de defender frente al exterior.» Afirmando que hemos ido demasiado lejos.

¿Cómo salir de este trance? Un tratado general de prohibición acabaría con todas las futuras pruebas de armas nucleares, que son el principal impulsor tecnológico de la carrera de armamento nuclear en ambos bandos. Tenemos que abandonar la idea, ruinosamente cara, de la Guerra de las Galaxias, que no puede proteger la población civil frente a una conflagración atómica y que mengua, en vez de acrecentar, la seguridad nacional de Estados Unidos. Si deseamos promover la disuasión, existen medios mucho mejores de conseguirla. Tenemos que llevar a cabo reducciones bilaterales, a gran escala, verdaderas y minuciosamente inspeccionadas en los arsenales nucleares estratégicos y tácticos de Estados Unidos, Rusia y otras naciones. (Los tratados INF y START\* representan pequeños pasos, pero en la dirección oportuna.) Eso es lo que deberíamos hacer.

En realidad, las armas nucleares son relativamente baratas. El capítulo más costoso ha sido, y sigue siendo, el de las fuerzas militares convencionales. Ante nosotros se presenta una oportunidad extraordinaria. Rusos y norteamericanos han emprendido grandes reducciones de fuerzas convencionales en Europa. Habría que extenderlas a Japón, Corea y otras naciones perfectamente capaces de defenderse por sí mismas. Tal reducción de fuerzas convencionales no sólo beneficia la paz, sino también la salud de la economía estadounidense. Debemos encontrarnos con los rusos a mitad de camino.

El mundo actual gasta un billón de dólares al año en preparativos militares, la mayor parte en armas convencionales. Estados Unidos y Rusia son los principales mercaderes de armas. Gran parte de ese dinero se gasta sólo porque las naciones del mundo son incapaces de dar el insostenible paso de la reconciliación con sus adversarios (y en algunos casos porque los gobiernos necesitan fuerzas con las que reprimir e intimidar a sus propios pueblos). Ese billón anual de dólares quita alimentos de las bocas de los pobres y mutila economías potencialmente eficaces. Es un despilfarro escandaloso y no deberíamos fomentarlo.

Ha llegado la hora de aprender de los que aquí cayeron, y de actuar en consecuencia.

En parte, la guerra civil estadounidense tenía que ver con la libertad, con la extensión de los beneficios de la Revolución Americana a todos los ciudadanos, con hacer valer esa promesa trágicamente incumplida de «libertad y justicia para todos». Me preocupa la falta de reconocimiento de las pautas históricas. Los que hoy luchan por la libertad no llevan tricorne ni tocan el pífanos y el tambor. Visten otras indumentarias, puede que hablen otras lenguas, que tengan otras religiones y que sea diferente el color de su piel, pero el credo de la libertad nada significa si es sólo nuestra propia libertad la que nos interesa. Hay por doquier gentes que claman: «Ningún impuesto sin representación», y en el África occidental y oriental, tanto en la orilla occidental del río Jordán como en el este de Europa y en América Central, son cada vez más los que gritan: «Libertad o muerte.» ¿Por qué somos incapaces de escuchar a la mayoría? Nosotros, los norteamericanos, disponemos de medios de persuasión poderosos y no violentos. ¿Por qué no los utilizamos?

La guerra civil concernía principalmente a la unión (unión frente a las diferencias). Hace un millón de años no había naciones en el planeta. No existían tribus. Los seres humanos se dividían en pequeños grupos familiares nómadas de unas cuantas docenas de personas cada uno. Ése era el horizonte de nuestra identificación, un grupo familiar itinerante. Desde entonces se han ampliado nuestros horizontes. De un puñado de cazadores-recolectores a una tribu, una horda, una pequeña ciudad-estado, una nación y ahora inmensas naciones-estado. El individuo medio en la Tierra de hoy debe su lealtad primaria a un grupo de unos 100 millones de personas. Está bastante claro que, si no nos destruimos antes, la unidad de identificación primaria de la mayoría de los seres humanos será, antes de que pase mucho tiempo, el planeta

---

\* Respectivamente, Tratado sobre Fuerzas Nucleares de Alcance Intermedio y Tratado sobre Reducción de Armas Estratégicas. (*N. del T.*)

Tierra y la especie humana. Esto suscita una cuestión clave: ¿se ensanchará la unidad fundamental de identificación hasta abarcar el planeta y la especie entera o nos destruiremos antes? Temo que ambas posibilidades estén muy igualadas.

Los horizontes de identificación se ensancharon en este lugar hace 125 años, con un gran coste para el Norte y para el Sur, para negros y para blancos. Aun así, reconocemos como justa la expansión de estos horizontes. Hay ya una necesidad práctica y urgente de trabajar unidos en el control de armamentos, la economía mundial, el medio ambiente global. Está claro que en la actualidad las naciones del mundo sólo pueden alzarse y caer juntas. No se trata de que una nación gane algo a expensas de otra. Todos debemos ayudarnos mutuamente, o pereceremos juntos.

En ocasiones como ésta es costumbre incluir alguna cita, frases de grandes hombres y mujeres conocidos por todos. Las escuchamos, pero no solemos reflexionar sobre su significación. Quiero mencionar una frase, pronunciada por Abraham Lincoln no muy lejos de este lugar: «Con malicia para ninguno, con caridad para todos...» Pensemos en lo que significa. Esto es lo que se espera de nosotros, no ya porque nos obligue nuestra ética o porque lo predique nuestra religión, sino porque resulta necesario para la supervivencia humana.

He aquí otra: «Una casa dividida contra sí misma no puede perdurar.» La variaré un tanto: una especie dividida contra sí misma no puede perdurar. Un planeta dividido contra sí mismo no puede perdurar. Hay, por último, un lema conmovedor para inscribir en este cementerio de la Paz de la Luz Eterna, a punto de ser consagrado de nuevo: «Un mundo unido en la búsqueda de la Paz.»

A mi juicio, el auténtico triunfo de Gettysburg no se produjo en 1863, sino en 1913, cuando los veteranos supervivientes, los restos de las fuerzas adversarias, los azules y los grises, se reunieron en la celebración y el recuerdo solemne. Había sido una guerra fratricida, y cuando sobrevino el tiempo de recordar, en el quincuagésimo aniversario de la batalla, los supervivientes se abrazaron los unos a los otros sollozando. No pudieron evitarlo.

Es hora de que los emulemos: OTAN y Pacto de Varsovia, tamiles y singaleses, israelíes y palestinos, blancos y negros, tutsis y hutus, estadounidenses y chinos, bosnios y serbios, unionistas y republicanos irlandeses, el mundo desarrollado y el subdesarrollado.

Necesitamos algo más que el sentimentalismo del aniversario y la piedad y el patriotismo de la celebración. Cuando sea necesario, hay que enfrentarse con los criterios convencionales y ponerlos en tela de juicio. Ha llegado la hora de aprender de los que aquí cayeron. Nuestro reto es la reconciliación, no después de la carnicería y las muertes masivas, sino en vez de ellas. Ha llegado la hora de que cada uno abraze al otro.

Ha llegado la hora de actuar.

*Actualización:* Hasta cierto punto, lo hemos logrado. En el tiempo transcurrido desde que este discurso fue pronunciado, nosotros los estadounidenses, nosotros los rusos, nosotros los seres humanos hemos realizado grandes progresos en la reducción de los arsenales atómicos y los sistemas de lanzamiento... si bien no bastan para nuestra seguridad. Parece que nos hallamos a punto de conseguir un tratado general de prohibición de pruebas nucleares, pero los medios para montar y lanzar ojivas se han hecho extensivos o están a punto de hacerse extensivos a muchas otras naciones.

Aunque a menudo se describe esta circunstancia como el cambio de una catástrofe potencial por otra, sin una mejora sustancial, un puñado de armas nucleares, por catastróficas que fueren, y por grandes que sean las tragedias humanas capaces de provocar, no son más que juguetes comparadas con las 60.000 o 70.000 armas nucleares que Estados Unidos y la Unión Soviética acumularon en el cenit de la guerra fría. Esas armas bastarían para destruir la civilización global y, quizás hasta la especie humana, lo que no sería posible con los arsenales que en un futuro previsible puedan acumular Corea del Norte, Irak, Libia, India o Pakistán.

En el otro extremo está la fanfarronada de algunos dirigentes políticos norteamericanos que afirman que no hay una sola arma nuclear rusa que apunte a un niño o una ciudad estadounidenses. Puede que sea cierto, pero modificar su orientación sólo llevará 15 o 20 minutos, como máximo. Además, tanto Estados Unidos como Rusia retienen miles de armas

nucleares y sistemas de lanzamiento. Por esa razón, he insistido a lo largo de este libro en que las armas nucleares siguen siendo nuestro mayor peligro. Aunque se hayan realizado progresos sustanciales, y hasta inusitados, en la seguridad humana, todo es susceptible de cambio de la mañana a la noche.

En enero de 1933, 130 naciones firmaron en París la Convención de Armas Químicas. Después de más de 20 años de negociaciones, el mundo declaró su disposición a proscribir esos medios de destrucción masiva.

Sin embargo, a la hora de redactar este texto, Estados Unidos y Rusia todavía no han ratificado el tratado. ¿A qué estamos esperando? Mientras tanto, Rusia no ha ratificado aún los acuerdos START II, que reducirían los arsenales nucleares estadounidenses y ruso en un 50 %, dejándolos en 3.500 ojivas por bando.

Desde el final de la guerra fría ha disminuido el presupuesto militar de Estados Unidos, pero sólo en un 15 % aproximadamente, y sólo una mínima parte de este ahorro ha redundado en beneficio de la economía civil. La Unión Soviética se ha desplomado, pero la miseria y la inestabilidad que reinan en la región constituyen un motivo de inquietud. Hasta cierto punto, la democracia se ha reafirmado en la Europa del Este, así como en Centroamérica y Sudamérica, pero en Asia oriental ha habido escasos progresos, excepto en Taiwán y Corea del Sur, y en Europa del Este está distorsionada por los peores excesos del capitalismo. Los horizontes de identificación se han ensanchado en Europa occidental, pero de hecho se han estrechado en Estados Unidos y la ex Unión Soviética. Se han realizado progresos tendentes a la reconciliación en Irlanda del Norte y entre Israel y Palestina, pero los terroristas siguen siendo capaces de poner en peligro el proceso de paz.

Se nos dice que ante la urgente necesidad de equilibrar el presupuesto federal de Estados Unidos es preciso llevar a cabo reducciones drásticas en él, pero, curiosamente, una institución cuya participación en el producto interior bruto es superior a todo el presupuesto federal discrecional sigue siendo esencialmente intocable. Me refiero a los 264.000 millones de dólares del ejército (en comparación con los 17.000 millones de dólares destinados al conjunto de programas científicos y espaciales de carácter civil). En realidad, si se incluyesen los fondos militares reservados y el presupuesto de los servicios de inteligencia, la partida militar sería mucho mayor.

¿Para qué esta inmensa suma de dinero, si la Unión Soviética ya ha sido derrotada? El presupuesto militar anual de Rusia es de unos 30.000 millones de dólares. Otro tanto representa el de China. Los presupuestos militares de Irán, Irak, Corea del Norte, Siria, Libia y Cuba suman unos 27.000 millones de dólares. El gasto de Estados Unidos supera en un factor de tres al de todos esos países juntos, y supone el 40 % de los gastos militares mundiales.

El presupuesto de defensa de Clinton para el año fiscal de 1995 fue unos 30.000 millones de dólares mayor que el de Richard Nixon 20 años atrás, en la cúspide de la guerra fría. Para el año 2000, con los incrementos propuestos por los republicanos, el presupuesto de defensa estadounidense habrá aumentado (en dólares reales) en un 50 %. Ni en uno ni en otro partido existe una voz influyente que se oponga a semejante aumento, ni siquiera cuando se proyectan desgarros angustiosos en la red de la seguridad social.

Nuestro avaro Congreso se muestra sorprendentemente manirroto en lo que se refiere a los militares, exigiendo de un Departamento de Defensa que trata de practicar cierto autocontrol, el gasto de miles de millones no solicitados. Los medios más probables para introducir armas nucleares enemigas en suelo norteamericano son los mercantes en puertos de gran tráfico y las valijas diplomáticas inmunes a las inspecciones aduaneras. Sin embargo, en aras de la protección del país el Congreso ejerce una fuerte presión en favor de interceptores espaciales de inexistentes cohetes balísticos intercontinentales. Se proponen absurdas rebajas de hasta 2.300 millones de dólares para que naciones extranjeras puedan adquirir armas estadounidenses. Se entrega dinero del contribuyente a empresas aeroespaciales norteamericanas para que consigan comprar otras empresas aeroespaciales norteamericanas. Se gastan unos 100.000 millones de dólares cada año para defender Europa occidental, Japón, Corea del Sur y otros países, cuando virtualmente todos disfrutan de balanzas comerciales más sanas que la estadounidense. Proyectamos mantener en Europa occidental, y de modo indefinido, casi 100.000 soldados. ¿Para defenderla contra quién?

Mientras tanto, los centenares de miles de millones de dólares que costará eliminar los desechos militares nucleares y químicos son una carga que pasaremos a nuestros hijos. ¿Por qué nos cuesta tanto comprender que la seguridad nacional es una cuestión más profunda y sutil que el número de pedruscos en nuestro montón? Pese a todo lo que se dice acerca de reducir al máximo el presupuesto militar, rebosa de grasa en el mundo en que vivimos. ¿Por qué tiene que ser sacrosanto este presupuesto cuando tantas otras cosas, de las cuales depende nuestro bienestar nacional, corren peligro de ser irreflexivamente destruidas?

Queda mucho por hacer. Todavía es hora de actuar.

## 18. EL SIGLO XX

Para entender en su integridad la belleza y la perfección universales de las obras de Dios, hemos de reconocer un cierto progreso perpetuo y muy libre de todo el universo [...]. Siempre hay en el abismo de las cosas partes soñolientas aún por despertar...

Gottfried Wilhelm Leibniz,

*De Rerum Originatione*

(*Sobre el origen último de las cosas*), 1667

La sociedad nunca avanza. Retrocede en un sitio con la misma rapidez con que se adelanta en otro. Sufre cambios continuos; es bárbara, civilizada, cristiana, rica, científica; pero... por cualquier cosa que se recibe, algo se paga.

Ralph Waldo Emerson, «Self-Reliance», en *Essays: First Series*, 1841

El siglo XX será recordado por tres grandes innovaciones: medios sin precedentes para salvar, prolongar y mejorar la vida, medios sin precedentes para destruirla (hasta el punto de poner por vez primera en peligro nuestra civilización global) y conocimientos sin precedentes sobre nuestra propia naturaleza y la del universo. Las tres evoluciones han sido fruto de la ciencia y la tecnología, una espada de dos filos bien cortantes. Las tres tienen raíces en el pasado remoto.

### SALVAMENTO, PROLONGACIÓN Y MEJORÍA DE LA VIDA HUMANA

Hasta hace unos 10.000 años, con la invención de la agricultura y la domesticación de animales, la alimentación humana se hallaba limitada a frutas y verduras proporcionadas por el medio natural y a la caza. La escasez de víveres producidos de manera espontánea hacía que la Tierra sólo pudiese mantener a unos 10 millones de personas. Hacia el final del siglo XX, en cambio, habrá 6.000 millones de seres humanos. Eso significa que el 99,9 % de nosotros debe la vida a la tecnología agrícola y a la ciencia subyacente —genética y comportamiento vegetal y animal, fertilizantes químicos, pesticidas, conservantes, arados, cosechadoras y otras herramientas agrícolas, regadíos— y a la refrigeración en camiones, vagones ferroviarios, almacenes y hogares. Muchos de los avances más asombrosos de la tecnología agrícola —incluyendo la llamada «revolución verde»— son obra del siglo XX.

Gracias a la higiene urbana y rural, la potabilización del agua y otras medidas de sanidad pública, la aceptación de la teoría de los gérmenes, los antibióticos y otros productos farmacéuticos, la genética y la biología molecular, la ciencia médica ha mejorado enormemente el bienestar de las personas en el mundo entero, sobre todo en los países desarrollados. La viruela ha sido erradicada del planeta, las áreas donde medra el paludismo disminuyen año a año, y casi han desaparecido enfermedades que recuerdo de mi niñez, como la tos ferina, la escarlatina o la poliomielitis.

Entre las invenciones más importantes del siglo XX figuran métodos relativamente baratos para el control de la natalidad, que por vez primera permiten a las mujeres controlar de manera segura su destino reproductivo y actúan en favor de la emancipación de la mitad de la especie humana, posibilitando grandes reducciones en muchos países peligrosamente superpoblados sin reprimir la actividad sexual. También es cierto que los productos químicos y las radiaciones surgidos de nuestra tecnología han suscitado nuevas enfermedades y están implicados en el cáncer. La proliferación a escala global de los cigarrillos determina, según estimaciones, tres millones de muertes anuales (todas, desde luego, evitables). La Organización Mundial de la Salud ha calculado que para el año 2010 serán 10 millones.

La tecnología nos ha dado, sin embargo, mucho más de lo que nos ha quitado. El signo más claro es que la esperanza de vida en Estados Unidos y en Europa occidental era en 1901 de unos 45 años, mientras que ahora se acerca a 80 (un poco más para las mujeres, un poco menos para los hombres). La esperanza de vida es quizás el índice más significativo de la calidad de vida: si uno está muerto, no es probable que lo pase bien. Dicho esto, son todavía miles de millones los que no tienen suficiente ni para comer, y 40.000 los niños que cada día mueren sin necesidad en el mundo.

A través de la radio, la televisión, el tocadiscos, el magnetófono, el disco compacto, el teléfono, el fax y las redes informáticas de datos, la tecnología ha transformado profundamente el rostro de la cultura popular. Ha hecho posible los pros y los contras del espectáculo global, de las empresas multinacionales no sometidas a ningún país concreto, de los grupos de afinidad transnacionales y el acceso directo a las opiniones políticas y religiosas de otras culturas. Como vimos en la muy atenuada rebelión de la plaza de Tiananmen y en la de la «casa blanca» de Moscú, el fax, el teléfono y las redes informáticas pueden ser potentes instrumentos de conmoción política.

La introducción en la década de los cuarenta de los libros de bolsillo en el mercado de masas llevó la literatura mundial y el saber de los más grandes pensadores hasta las vidas de la gente corriente, y aunque ahora esté subiendo el precio de los libros de bolsillo, todavía existen gangas como los clásicos (a dólar el volumen) de Dover Books. Estas iniciativas, junto con el progreso de la alfabetización, son los aliados de la democracia jeffersoniana. Por otro lado, lo que a finales del siglo XX pasa por alfabetización en Estados Unidos es un conocimiento muy rudimentario de la lengua inglesa. La televisión en particular tiende a desviar a las masas de la lectura. El afán de lucro ha rebajado la programación por debajo del mínimo común denominador, en vez de superarse para enseñar e inspirar. Desde los clips a las gomas, los secadores de pelo, los bolígrafos, los ordenadores, los magnetófonos, las fotocopiadoras, las batidoras eléctricas, los hornos de microondas, las aspiradoras, los lavavajillas, las lavadoras y secadoras, la difusión del alumbrado interior y urbano, los coches, la aviación, las herramientas, las centrales hidroeléctricas, las cadenas de montaje y los enormes equipos de construcción, la tecnología de nuestro siglo ha eliminado tareas fatigosas, creado más tiempo de ocio y mejorado la vida de muchos. Ha acabado, además, con muchos de los hábitos y convenciones predominantes en 1901.

El empleo de una tecnología potencialmente salvadora de vidas difiere de una nación a otra. Estados Unidos, por ejemplo, tiene la tasa más alta de mortalidad infantil de todas las naciones industrializadas. Hay más jóvenes negros en las prisiones que en las universidades, y el porcentaje de ciudadanos encarcelados es mayor que en cualquier otro país industrial. Comparados con estudiantes de la misma edad de otras naciones, los estadounidenses arrojan resultados deficientes en los exámenes normalizados de ciencias y matemáticas. A lo largo de la última década y media ha aumentado rápidamente la disparidad en los ingresos reales de ricos y pobres, así como el declive de la clase media. Estados Unidos es el último de los países industrializados en cuanto a la fracción de la renta nacional que destina cada año a la ayuda exterior. La industria de alta tecnología huye de las costas norteamericanas.

Tras situarse a la cabeza del mundo en casi todos los aspectos hacia mediados de siglo, en la actualidad hay algunos signos de declive. Cabe señalar la cualidad del liderato, pero también una disminución en la inclinación de sus ciudadanos por el pensamiento crítico y la acción política.

#### TECNOLOGÍA TOTALITARIA Y MILITAR

Las formas de hacer la guerra, de exterminar en masa, de aniquilar pueblos enteros, han alcanzado durante el siglo XX niveles sin precedentes. En 1901 no existían aviones o cohetes militares, y la artillería más potente sólo era capaz de lanzar una granada a unos cuantos kilómetros de distancia y matar a un puñado de personas. Hacia el segundo tercio del siglo XX eran unas 70.000 las armas nucleares acumuladas. Muchas estaban montadas en cohetes estratégicos para su lanzamiento desde silos o submarinos, podían llegar virtualmente a cualquier parte del mundo y cada una de sus cabezas atómicas bastaba para destruir una gran ciudad. Estados Unidos y la ex Unión Soviética se disponen ahora a emprender considerables reducciones de armamento, tanto de ojivas nucleares como de lanzadoras, pero en un futuro previsible aún estaremos en condiciones de aniquilar la civilización global. Por añadidura, hay por todo el mundo y en muchas manos armas químicas y biológicas pavorosas.

En un siglo que hierva de fanatismo, intransigencia ideológica y líderes enloquecidos, esta acumulación inaudita de armas letales no es un buen presagio para el futuro humano. A lo largo del siglo XX han muerto en guerras y por órdenes directas de dirigentes nacionales más de 150 millones de personas.

Nuestra tecnología se ha vuelto tan poderosa que voluntaria o involuntariamente somos ya capaces de alterar el medio ambiente a gran escala y amenazar muchas especies de la Tierra,

incluida la nuestra. La cruda realidad es que estamos haciendo un experimento sin precedentes sobre el medio ambiente global y que, en general, confiamos contra toda esperanza en que los problemas se resolverán por sí mismos. La única nota optimista es el Protocolo de Montreal y los acuerdos anejos, gracias a los cuales las naciones industriales del mundo aceptaron acabar de forma paulatina con la producción de CFC y otros productos químicos que agreden la capa de ozono. Sin embargo, en la reducción de las emisiones de dióxido de carbono, en la resolución del problema de los desechos químicos y radiactivos y en otras áreas, el progreso ha sido funestamente lento.

En cada continente han abundado las venganzas etnocéntricas y xenófobas. Ha habido intentos sistemáticos de aniquilar grupos étnicos completos, sobre todo en la Alemania nazi, pero también en Ruanda, en la ex Yugoslavia y en otros lugares.

Ha habido tendencias semejantes a lo largo de la historia humana, pero sólo en el siglo XX la tecnología ha conseguido llevar a la práctica la muerte a tal escala. Los bombarderos estratégicos, los cohetes y la artillería de largo alcance poseen la «ventaja» de que los combatientes no tienen que enfrentarse cara a cara con el horror que han perpetrado, lo que les ahorra los remordimientos de conciencia. A finales del siglo XX el presupuesto militar global se acerca al billón de dólares al año. Pensemos cuánto bien podría hacer a la humanidad siquiera una fracción de esa suma.

El siglo XX se ha caracterizado por el derrocamiento de monarquías e imperios y por el auge de democracias al menos nominales, así como muchas dictaduras ideológicas y militares. Los nazis poseían una lista de grupos aborrecibles a los que comenzaron a exterminar sistemáticamente: judíos, homosexuales de ambos sexos, socialistas y comunistas, minusválidos y personas de origen africano (apenas presentes en Alemania). Dentro del régimen nazi, militantemente «pro vida», las mujeres se hallaban relegadas al *Kinder, Küche, Kircher* (los niños, la cocina y la iglesia)\*. Cuan ultrajado se sentiría un buen nazi en una sociedad norteamericana, predominante en el planeta más que la de cualquier otro país, donde judíos, homosexuales, minusválidos y personas de origen africano gozan por ley de plenos derechos, los socialistas son al menos tolerados y las mujeres ingresan en el mundo laboral en número hasta ahora desconocido. Ahora bien, sólo el 11 % de los miembros de la Cámara de Representantes estadounidense son mujeres, en lugar de algo más del 50 %, como debería ser de practicarse la representación proporcional (la cifra correspondiente en Japón es del 2 %). Thomas Jefferson enseñó que una democracia resultaba imposible sin un pueblo instruido. Por estricta que pueda ser la protección que le brinde la Constitución o la jurisprudencia, pensaba Jefferson, los poderosos, los ricos y los carentes de escrúpulos siempre sentirán la tentación de socavar el ideal de un gobierno por y para el ciudadano corriente. El antídoto es el apoyo vigoroso a la expresión de opiniones impopulares, una alfabetización amplia, los debates en profundidad, la familiaridad con el pensamiento crítico y el escepticismo ante las declaraciones de quienes ejerzan la autoridad, condiciones todas que también resultan fundamentales en el método científico.

#### LAS REVELACIONES DE LA CIENCIA

Cada rama de la ciencia ha logrado avances asombrosos durante el siglo XX. Los fundamentos mismos de la física experimentaron la revolución de las teorías especial y general de la relatividad y de la mecánica cuántica. En este siglo se desentrañó por primera vez la naturaleza de los átomos, con protones y neutrones en un núcleo central y rodeado de una nube de electrones; se vislumbraron los elementos integrantes de protones y neutrones, los quarks; y gracias a los aceleradores de alta energía y los rayos cósmicos, apareció la multitud de partículas elementales exóticas de vida corta. La fisión y la fusión han hecho posible las armas nucleares, las centrales atómicas de fisión (un logro no exento de riesgos) y la perspectiva de centrales nucleares de fusión. La comprensión de la decadencia radiactiva ha permitido conocer de modo definitivo la edad de la Tierra (unos 4.600 millones de años) y el momento del origen de la vida en nuestro planeta (hace aproximadamente 4.000 millones de años).

---

\* Tras esbozar las concepciones cristianas de la mujer, desde los tiempos patrísticos a la Reforma, el filósofo australiano John Passmore (*Man's Responsibility for Nature: Ecological Problems and Western Traditions*, Nueva York, Scribner's, 1974) llegó a la conclusión de que *Kinder, Küche, Kircher* «como descripción del papel de las mujeres, no es una invención de Hitler, sino un típico lema cristiano».

En geofísica, se descubrió la tectónica de placas (una serie de correas transmisoras bajo la superficie de la Tierra que portan los continentes desde su nacimiento hasta su muerte, a razón de unos dos centímetros y medio cada año). La tectónica de placas es esencial para entender la naturaleza y la historia de las masas terrestres y la topografía de los fondos marinos. Ha surgido un nuevo campo de la geología planetaria donde cabe comparar las masas terrestres y el interior de la Tierra con los de otros planetas y sus satélites. La química de los minerales en otros mundos —determinada a distancia o bien a partir de muestras traídas por naves espaciales o de meteoritos ahora reconocidos como procedentes de otros planetas— puede ser cotejada con la de las rocas terrestres. La sismología ha sondeado la estructura del interior profundo de la Tierra y descubierto bajo la corteza un manto semilíquido y un núcleo de hierro líquido en la periferia y sólido en el centro, cuyo estudio es vital para conocer los procesos que condujeron a la formación del planeta.

Algunas extinciones masivas de la vida pasada son ahora atribuidas a inmensas emanaciones del manto que llegaron a la superficie generando mares de lava donde antaño hubo tierra firme. Otras se debieron al impacto de cometas o asteroides próximos a la Tierra que incendiaron los cielos y transformaron el clima. En el siglo XXI deberíamos al menos hacer un inventario de cometas y asteroides para saber si alguno lleva inscrito nuestro nombre.

Un motivo de satisfacción científica en el siglo XX es el descubrimiento de la naturaleza y la función del ADN (ácido desoxirribonucleico), la molécula clave responsable de la herencia en los seres humanos y en la mayor parte de plantas y animales. Hemos aprendido a leer el código genético y, en un número creciente de seres vivos, trazado todos los genes y determinado de qué funciones orgánicas se encarga la mayoría. Los especialistas en genética se preparan para trazar el genoma humano, hazaña de enorme potencial tanto para el bien como para el mal. El aspecto más significativo de la historia del ADN es el hecho de que ahora se consideran perfectamente comprensibles, en términos fisicoquímicos, los procesos fundamentales de la vida. No parece que haya implicados una fuerza vital, un espíritu, un alma. Lo mismo ocurre en neurofisiología: todavía de modo impreciso, la mente parece ser la expresión de los 100 billones de conexiones neuronales del cerebro, más unos cuantos elementos químicos simples.

La biología molecular nos permite ahora comparar dos especies cualesquiera, gen por gen, molécula por molécula, para descubrir su grado de parentesco. Estos experimentos han demostrado de modo concluyente la semejanza profunda de todos los seres de la Tierra y confirmado las relaciones generales antes propuestas por la biología evolutiva. Por ejemplo, hombres y chimpancés comparten el 99,6% de sus genes activos, lo que ratifica que los chimpancés son nuestros parientes más próximos, y que tenemos un antepasado común.

Durante el siglo XX, y por vez primera, investigadores de campo han vivido con otros primates, observando atentamente su comportamiento en su hábitat natural para descubrir la piedad, la perspicacia, la ética, la guerra de guerrillas, la política, el empleo y la fabricación de herramientas, la música, un nacionalismo rudimentario y muchas otras características a las que antes se juzgaba únicamente humanas. Prosigue el debate sobre la capacidad lingüística de los chimpancés, pero en Atlanta hay un bonobo (un «chimpancé pigmeo») de nombre Kanzi que utiliza con soltura un lenguaje simbólico de varios centenares de caracteres, y que, además, ha aprendido por sí mismo a fabricar herramientas de piedra.

Muchos de los más asombrosos avances recientes en química están relacionados con la biología, pero voy a mencionar uno cuya significación es mucho más amplia: se ha comprendido la naturaleza del enlace químico, las fuerzas cuánticas determinantes de las asociaciones de átomos, así como la intensidad y la configuración de las uniones. También se ha sabido que aplicando las radiaciones a atmósferas nada recomendables (como las primitivas de la Tierra y otros planetas) se generan aminoácidos y diversos elementos clave de la vida. En el laboratorio se ha descubierto que los ácidos nucleicos y otras moléculas se multiplican por sí mismos y reproducen sus mutaciones. En consecuencia, el siglo XX ha registrado un progreso sustancial en la comprensión del origen de la vida. Buena parte de la biología se puede reducir a la química, y mucho de ésta, a la física. Aún no existe una seguridad completa, pero el hecho de que haya algo de verdad en ello, por poco que sea, constituye un atisbo importantísimo sobre la naturaleza del universo.

La física y la química, con la ayuda de los ordenadores más potentes de la Tierra, han tratado de determinar el clima y la circulación atmosférica general del planeta a lo largo del tiempo. Este



poderoso instrumento se emplea para calcular las consecuencias futuras del vertido continuo de CO<sub>2</sub> y otros gases invernadero a la atmósfera terrestre. Mientras tanto, y con una facilidad mucho mayor, los satélites meteorológicos permiten la predicción del tiempo con una antelación de varios días, evitando cada año pérdidas de miles de millones de dólares en la agricultura.

A principios del siglo XX los astrónomos estaban sumidos en lo más hondo de un océano de aire turbulento, desde donde intentaban atisbar mundos lejanos. Hacia el final del siglo giran en órbitas terrestres grandes telescopios que observan los cielos en las bandas de rayos gamma y X, luz ultravioleta, luz visible, luz infrarroja y ondas de radio.

En 1901, Marconi realizó su primera emisión de radio a través del Atlántico. Ahora estamos acostumbrados a emplear la radio para comunicarnos con cuatro vehículos espaciales más allá del planeta más lejano de nuestro sistema solar, y a recibir las emisiones de radio naturales de cuásares situados a 8.000 y 10.000 millones de años luz, así como la denominada radiación de fondo del cuerpo negro (los vestigios del Big Bang, la vasta explosión que inició la encarnación actual del universo).

Se han lanzado vehículos de exploración para estudiar 70 astros y posarse en tres de ellos. El siglo ha contemplado la casi mítica hazaña de enviar 12 hombres a la Luna y traerlos sanos y salvos junto con más de 100 kilos de rocas lunares. Las naves robóticas han confirmado que la superficie de Venus presenta, por obra de un inmenso efecto invernadero, una temperatura de más de 480 °C; que hace 4.000 millones de años Marte tenía un clima semejante al de la Tierra; que moléculas orgánicas caen como maná del cielo de Titán, un satélite de Saturno; que quizá una cuarta parte de cada cometa es materia orgánica.

Cuatro de nuestras naves espaciales viajan rumbo a las estrellas. Se han encontrado recientemente otros planetas en torno de otras estrellas. Nuestro Sol está en los arrabales de una vasta galaxia en forma de lente que comprende unos 400.000 millones de soles. A principios de siglo se creía que la Vía Láctea era la única galaxia. Ahora sabemos que hay centenares de miles de millones, todas alejándose unas de otras como restos de una enorme explosión, el Big Bang. Se han hallado residentes exóticos del zoo cósmico ni siquiera imaginados al comenzar el siglo: pulsares, cuásares y agujeros negros. Al alcance de nuestras observaciones quizás estén las respuestas a algunas de las preguntas más profundas que jamás se hayan hecho los seres humanos sobre el origen, la naturaleza y el destino del universo entero.

Tal vez el subproducto más desgarrador de la revolución científica haya sido el hacer insostenibles muchas de nuestras creencias más arraigadas y consoladoras. El ordenado proscenio antropocéntrico de nuestros antepasados ha sido reemplazado por un universo frío, inmenso e indiferente, donde los hombres se hallan relegados a la oscuridad. Sin embargo, advierto la emergencia en nuestra conciencia de un universo poseedor de un orden magnífico, mucho más complejo y primoroso de lo que imaginaron nuestros antepasados. Si es posible comprender tanto acerca del universo en términos de unas cuantas y simples leyes naturales, quienes deseen creer en Dios siempre pueden atribuir su belleza a una Razón que subyace en toda la naturaleza. Mi opinión es que resulta mucho mejor entender el universo tal como es que aspirar a un universo tal como querríamos que fuese.

Adquirir el conocimiento y el saber necesarios para comprender las revelaciones científicas del siglo XX será el reto más profundo del siglo XXI.

## 19. EN EL VALLE DE LAS SOMBRAS

¿Es, pues, cierto o sólo vana fantasía?

Eurípides, *Yone*, hacia el 410 a. de C.

Seis veces hasta ahora he visto la Muerte cara a cara, y otras tantas ella ha desviado la mirada y me ha dejado pasar. Algún día, desde luego, la Muerte me reclamará, como hace con cada uno de nosotros. Es sólo cuestión de cuándo, y de cómo. He aprendido mucho de nuestras confrontaciones, sobre todo acerca de la belleza y la dulce acrimonia de la vida, del valor de los amigos y la familia y del poder transformador del amor. De hecho, estar casi a punto de morir es una experiencia tan positiva y fortalecedora del carácter que yo la recomendaría a cualquiera, si no fuese por el obvio elemento, esencial e irreductible, de riesgo.

Me gustaría creer que cuando muera seguiré viviendo, que alguna parte de mí continuará pensando, sintiendo y recordando. Sin embargo, a pesar de lo mucho que quisiera creerlo y de las antiguas tradiciones culturales de todo el mundo que afirman la existencia de otra vida, nada me indica que tal aseveración pueda ser algo más que un anhelo.

Deseo realmente envejecer junto a Annie, mi mujer, a quien tanto quiero. Deseo ver crecer a mis hijos pequeños y desempeñar un papel en el desarrollo de su carácter y de su intelecto. Deseo conocer a nietos todavía no concebidos. Hay problemas científicos de cuyo desenlace ansío ser testigo, como la exploración de muchos de los mundos de nuestro sistema solar y la búsqueda de vida fuera de nuestro planeta. Deseo saber cómo se desarrollarán algunas grandes tendencias de la historia humana, tanto esperanzadoras como inquietantes: los peligros y promesas de nuestra tecnología, por ejemplo, la emancipación de las mujeres, la creciente ascensión política, económica y tecnológica de China, el vuelo interestelar.

De haber otra vida, fuera cual fuere el momento de mi muerte, podría satisfacer la mayor parte de estos deseos y anhelos, pero si la muerte es sólo dormir, sin soñar ni despertar, se trata de una vana esperanza. Tal vez esta perspectiva me haya proporcionado una pequeña motivación adicional para seguir con vida. El mundo es tan exquisito, posee tanto amor y tal hondura moral, que no hay motivo para engañarnos con bellas historias respaldadas por escasas evidencias. Me parece mucho mejor mirar cara a cara la Muerte en nuestra vulnerabilidad y agradecer cada día las oportunidades breves y magníficas que brinda la vida.

Durante años, cerca del espejo ante el que me afeito, he conservado, para verla cada mañana, una tarjeta postal enmarcada. Al dorso hay un mensaje a lápiz para un tal James Day, de Swansea Valley, Gales. Dice así:

*Querido amigo:*

*Sólo unas líneas para decirte que estoy vivo*

*y coleando y que lo paso en grande. Es magnífico.*

*Afectuosamente, WJR*

Está firmada con las iniciales casi indescifrables de alguien llamado William John Rogers. En el anverso hay una foto en color de una espléndida nave de cuatro chimeneas y la mención «Transatlántico *Titanic* de la *White Star*». El matasello lleva la fecha del día anterior a aquel en que el gran barco se hundió llevándose consigo más de 1.500 vidas, incluida la del tal Rogers. Annie y yo tenemos a la vista la tarjeta postal por una razón. Sabemos que «pasarla en grande» puede ser un estado de lo más provisional e ilusorio. Así nos sucedió.

Disfrutábamos de una aparente buena salud, nuestros hijos crecían, escribíamos libros, habíamos emprendido nuevos y ambiciosos proyectos para la televisión y el cine, pronunciábamos conferencias y yo seguía consagrado a la más atrayente investigación científica.

Una mañana de finales de 1994, de pie junto a la tarjeta enmarcada, Annie advirtió que no había desaparecido de mi brazo una fea mancha de color negro azulado que llevaba allí muchas semanas. «¿Por qué sigue ahí?», preguntó. Ante su insistencia, y un tanto de mala gana (las manchas negruzculadas no pueden ser graves, ¿verdad?), fui al médico para que me hiciese un análisis de sangre.

Tuvimos noticias de él pocos días más tarde, cuando nos hallábamos en Austin, Texas. Estaba preocupado. Resultaba evidente que en el laboratorio habían cometido un error. El análisis correspondía a la sangre de una persona muy enferma. «Por favor —me apremió—, hágase de inmediato un nuevo análisis.» Seguí su consejo. No había ningún error.

Mis glóbulos rojos, que llevan oxígeno a todo el cuerpo, y mis glóbulos blancos, que combaten las enfermedades, habían disminuido considerablemente. De acuerdo con la explicación más probable, se trataba de un problema con los hemocitoblastos, que, generados en la médula ósea, son los precursores habituales de glóbulos blancos y rojos. El diagnóstico fue confirmado por expertos en este campo. Yo padecía una enfermedad de la que nada había sabido hasta entonces: mielodisplasia. Su origen es casi desconocido. Me asombró saber que, si no hacía nada, mi probabilidad de supervivencia era cero. Moriría en seis meses. Yo era activo y productivo. La idea de hallarme en el umbral de la muerte se me antojó una broma grotesca.

Sólo existía un medio conocido de tratamiento capaz de generar una curación: un trasplante de médula ósea, pero sólo funcionaría si encontraba un donante compatible. Aun entonces, habría que suprimir enteramente mi sistema inmunitario para que mi cuerpo no rechazase la médula ósea del donante. Sin embargo, una represión seria del sistema inmunitario podía matarme de varias otras maneras; por ejemplo, limitando mi resistencia a las enfermedades de tal modo que estuviese a merced de cualquier microbio que se cruzara en mi camino.

Por un instante pensé en no tomar ninguna medida y esperar a que el progreso de las investigaciones médicas encontrase una curación distinta; pero era la más tenue de las esperanzas.

Todas nuestras indagaciones acerca de adonde ir convergían en el Centro Fred Hutchinson de Investigaciones Oncológicas, de Seattle, una de las primeras instituciones del mundo en lo que se refiere a trasplantes de médula ósea. Allí trabajan muchos expertos en este campo, incluyendo a E. Donnall Thomas, premio Nóbel de Fisiología y Medicina en 1990. La gran competencia de médicos y enfermeras y sus excelentes cuidados justificaban plenamente el consejo que nos dieron de solicitar tratamiento en el «Hutch».

El primer paso consistía en averiguar si podíamos hallar un donante compatible. Algunas personas jamás lo encuentran. Annie y yo llamamos a mi única hermana, Cari, menor que yo. Me mostré reticente e indirecto. Cari ni siquiera sabía que estaba enfermo. Antes de que yo pudiera concretar, me dijo: «Cuenta con ello. Sea lo que sea..., el hígado..., los pulmones..., como si fuera tuyo.» Todavía se me hace un nudo en la garganta cada vez que pienso en la generosidad de Cari. Sin embargo, no había ninguna garantía de que su médula ósea fuese compatible con la mía. Se sometió a una serie de análisis y, uno tras otro, los seis factores de compatibilidad encajaron con los míos. Resultaba la donante perfecta. Había sido increíblemente afortunado.

«Afortunado» es, sin embargo, un término relativo. Incluso con una compatibilidad perfecta, la probabilidad general de curación era aproximadamente de un 30 %. Eso es como jugar a la ruleta rusa con cuatro balas en vez de una en el tambor del revólver; pero era, con mucho, lo mejor que podía haberme sucedido, y me había enfrentado en otro tiempo con perspectivas peores.

Toda nuestra familia se trasladó a Seattle, incluyendo los padres de Annie. Disfrutamos de una afluencia constante de visitantes —los chicos mayores, mi nieto, otros parientes y amigos— tanto en el hospital como cuando me sometieron a tratamiento externo. Estoy seguro de que el aliento y el cariño que recibí, sobre todo por parte de Annie, inclinaron la balanza a mi favor.

Hubo, como cabe suponer, muchos aspectos amedrentadores. Recuerdo una noche en que, siguiendo instrucciones de los médicos, me levanté a las dos de la madrugada y abrí el primero de los 12 tubos de plástico con tabletas de busulfano, un poderoso agente quimioterapéutico. En la bolsa se leía:

PRODUCTO QUIMIOTERAPÉUTICO  
PELIGRO BIOLÓGICO  
PELIGRO BIOLÓGICO  
TÓXICO  
Elimínese como PELIGRO BIOLÓGICO

Una tras otra, me tragué 72 de aquellas píldoras. Era una cantidad mortal. Si no me practicaban pronto un trasplante de médula ósea, aquella terapia de supresión del sistema inmunitario acabaría por matarme. Equivalía a tomar una dosis fatal de arsénico o de cianuro con la esperanza de que me proporcionaran a tiempo el antídoto adecuado.

Los medicamentos para neutralizar mi sistema inmunitario ejercieron unos cuantos efectos directos. Padecí náuseas moderadas de manera continua, pero contaba con otros medicamentos que las controlaban y así podía incluso trabajar algo. Se me cayó casi todo el pelo, lo cual, unido a mi posterior pérdida de peso, me dio una apariencia un tanto cadavérica. Sin embargo, me sentí mejor un día en que Sam, nuestro hijo de cuatro años, dijo al verme: «Un buen corte de pelo, papá.» Y añadió: «No tengo ni idea de lo que te pasa, pero estoy seguro de que te pondrás bien.»

Aunque estaba convencido de que el trasplante en sí resultaría muy doloroso, no lo fue en absoluto. Como si de una simple transfusión de sangre se tratara, las células de la médula ósea de mi hermana se encargaron de encontrar el camino hacia la mía.

Algunos aspectos del tratamiento fueron extremadamente angustiosos, pero existe una especie de amnesia traumática merced a la cual cuando todo termina uno casi llega a olvidarse del dolor. El Hutch sigue una política liberal en la automedicación con analgésicos, incluyendo derivados de la morfina; de ese modo podía combatir de inmediato un sufrimiento intenso cuando se presentaba. Eso hizo la experiencia mucho más soportable.

Al final del tratamiento, mis glóbulos, tanto los rojos como los blancos, procedían principalmente de Cari. Los cromosomas sexuales eran XX, en lugar de XY como en el resto de mi organismo. Por mi cuerpo circulaban células y plaquetas femeninas. Esperé que algunas de las características de Cari empezaran a manifestarse, como, por ejemplo, su pasión por la equitación o por asistir a media docena de representaciones teatrales seguidas, pero jamás sucedió.

Annie y Cari salvaron mi vida. Siempre agradeceré su amor y su ternura. Tras salir del hospital, necesité toda clase de asistencia, incluyendo medicinas administradas varias veces al día por medio de un catéter introducido en mi vena cava. Annie era mi «cuidadora autorizada»; se encargaba de darme los medicamentos de día y de noche, de cambiar los apósitos, de comprobar las constantes vitales y de aportar un aliento esencial. Las perspectivas de quienes ingresan solos en un hospital son, comprensiblemente, peores.

Por el momento había salvado la vida gracias a las investigaciones médicas. En parte no era otra cosa que investigación aplicada, tendente a ayudar a la curación o mitigar directamente enfermedades mortales, pero por otra se trataba de investigación básica, concebida sólo para entender cómo operan las cosas vivas, sin renunciar por ello a imprevisibles beneficios prácticos.

También me salvé gracias a los seguros médicos de la Universidad de Cornell y, en calidad de cónyuge de Annie, de la Writers Guild of America, la organización de autores de películas, televisión, etc. Existen decenas de millones de personas en Estados Unidos sin semejantes seguros médicos. ¿Qué habríamos hecho en su caso?

En mis textos he tratado de mostrar cuan estrechamente emparentados estamos con otros animales, qué cruel es infligirles dolor y qué bancarrota moral significa matarlos para, por ejemplo, fabricar lápices de labios. Aun así, como señaló el doctor Thomas al recibir su premio Nóbel: «El injerto de médula no podría haber logrado aplicación clínica sin la investigación en animales, primero con roedores endógamos y luego con especies exógamas, sobre todo el perro.» Esta cuestión me crea un gran conflicto, ya que de no haber sido por la investigación con animales hoy no estaría vivo.

De modo, pues, que la vida volvió a la normalidad. Nuestra familia, Annie y yo regresamos a Ithaca, Nueva York, donde residimos. Terminé varios proyectos de investigación y leí las últimas pruebas de mi libro *El mundo y sus demonios*. Nos reunimos con Bob Zemeckis, el director de *Contacto*, la película de la Warner Brothers basada en mi novela, para la que Annie y yo habíamos escrito un guión y en la que participábamos como coproductores. Iniciamos algunos nuevos proyectos para la televisión y el cine. Participé en las primeras etapas de la aproximación a Júpiter de la sonda espacial *Galilea*.

Si había una lección que yo había aprendido muy bien, era que el futuro es imprevisible. Como tristemente iba a descubrir William John Rogers, tras haber escrito a lápiz su optimista mensaje mientras navegaba por el Atlántico septentrional, no hay modo de saber qué nos reserva el futuro, ni siquiera el más inmediato. Así, tras varios meses en casa (mi pelo creció de nuevo, recobré mi peso, el número de glóbulos rojos y blancos volvió a ser el normal y me sentía perfectamente), uno de los rutinarios análisis de sangre me arrebató la esperanza.

«Lamento decirle que tengo malas noticias», declaró el médico. Mi médula ósea había revelado la presencia de una nueva población de células peligrosas que se reproducían rápidamente. A los dos días, mi familia y yo regresamos a Seattle. Escribo este capítulo desde mi cama de hospital en el Hutch. Gracias a un procedimiento experimental recientemente descubierto, han determinado que esas células anómalas carecían de una enzima necesaria para protegerlas de dos agentes quimioterapéuticos habituales que no me habían aplicado antes. Tras un tratamiento con esos agentes, no encontraron en mi médula más células anómalas. Con el fin de eliminar las que pudiesen haber quedado (pues se reproducen a toda velocidad) sufrí otros dos tratamientos de quimioterapia, a los que seguirían más células de mi hermana. Una vez más había recibido, al parecer, lo mejor para una curación completa.

Ante el espíritu destructivo y la miopía de la especie humana, todos tendemos a desesperarnos, y yo, por motivos que aún considero muy fundados, no soy precisamente la excepción.

Sin embargo, uno de los descubrimientos de mi enfermedad es la extraordinaria comunidad de bondad a la que deben sus vidas las personas en mi situación.

Hay más de dos millones de estadounidenses inscritos voluntariamente en el Programa Nacional de Donantes de Médula, todos ellos dispuestos a someterse en beneficio de un perfecto desconocido a una extracción medular más bien molesta. Millones más contribuyen con su sangre a la Cruz Roja americana y otras instituciones de donantes sin remuneración alguna, ni siquiera un billete de cinco dólares, con el fin de salvar una vida anónima.

Científicos y técnicos trabajan año tras año con grandes obstáculos, salarios a menudo bajos y sin la menor garantía de éxito. Tienen muchas motivaciones, pero una es la esperanza de ayudar a otros, de curar enfermedades, de parar los pies a la muerte. Cuando tanto cinismo amenaza con ahogarnos, resulta alentador recordar cuánta bondad hay por doquier.

Cinco mil personas rezaron por mí en los oficios de Pascua en la catedral de San Juan el Divino de la ciudad de Nueva York, la iglesia más grande de la cristiandad. Un sacerdote hindú describió una gran vigilia de oración por mí a orillas del Ganges. El imán de Norteamérica rezó por mi restablecimiento. Muchos cristianos y judíos me escribieron para notificarme las suyas. Aunque no creo que Dios, de existir, alterase debido a la oración los planes, me siento agradecido más allá de toda ponderación a aquellos —incluyendo tantos a quienes nunca conocí— que oraron por mi restablecimiento.

Muchos me han preguntado cómo es posible enfrentarse a la muerte sin la certeza de otra vida. Sólo puedo decir que esto no ha constituido un problema. Con alguna reserva acerca de las «almas débiles», comparto la opinión de mi héroe, Albert Einstein:

No logro concebir un dios que premie y castigue a sus criaturas o que posea una voluntad del tipo que experimentamos en nosotros mismos. Tampoco puedo ni querría concebir que un individuo sobreviviese a su muerte física; que las almas débiles, por temor o absurdo egotismo, alienten tales pensamientos. Yo me siento satisfecho con el misterio de la eternidad de la vida y con un atisbo de la estructura maravillosa del mundo existente, junto con el resuelto afán de comprender una parte, por pequeña que sea, de la Razón que se manifiesta en la naturaleza.

POST SCRIPTUM

Mucho ha sucedido desde que escribí este capítulo hace un año. Salí del Hutch, regresamos a Ithaca, pero al cabo de pocos meses la enfermedad reapareció. En esta ocasión fue mucho más penosa, quizá porque mi cuerpo se hallaba debilitado a causa de las terapias anteriores, pero también porque el condicionamiento previo al trasplante exigía que mi cuerpo fuese sometido a radioterapia. De nuevo, me acompañó a Seattle mi familia. De nuevo, recibí en el Hutch la misma asistencia experta y afectuosa. De nuevo, Annie se mostró magnífica en su modo de alentarme. De nuevo, mi hermana Cari reveló su generosidad ilimitada en la donación de su médula ósea. De nuevo, me vi rodeado por una comunidad de bondad. En el momento en que escribo —aunque quizá tenga que cambiarlo en las pruebas de imprenta— el pronóstico es el mejor de los posibles: todas las células detectables de la médula ósea son células donadas, XX, células femeninas, células de mi hermana. No hay células XY, células anfitrionas, células masculinas, células que promovieron la enfermedad original. Hay personas que sobreviven años incluso con un pequeño porcentaje de sus células anfitrionas. Aun así, sólo en un par de años estaré razonablemente seguro. Hasta entonces, sólo me resta la esperanza.

*Seattle, Washington*

*Ithaca, Nueva York*

*Octubre de 1996*

## EPÍLOGO

Con su optimismo característico frente a una ambigüedad inquietante, Carl concluye así esta obra suya, prodigiosa, apasionada y asombrosamente original, en la que salta con audacia de una ciencia a otra.

Tan sólo unas semanas después, a comienzos de diciembre, se sentó a la mesa para cenar y observó, con un gesto de extrañeza, su plato favorito. No sentía apetito. En tiempos mejores, mi familia siempre se había enorgullecido de lo que llamábamos «*wodar*», un mecanismo interno que escruta incesantemente el horizonte a la búsqueda de los primeros indicios de un próximo desastre. Durante nuestros dos años en el valle de las sombras, el *wodar* había permanecido siempre en estado de alerta máxima. En esa montaña rusa de esperanzas que se desplomaban, se alzaban y volvían a caer, incluso la más leve alteración de un solo aspecto de la condición física de Carl hacía sonar todos los timbres de alarma.

Nuestras miradas se cruzaron fugazmente. De inmediato comencé a dar forma a una hipótesis benigna para explicar aquella súbita falta de apetito. Como de costumbre, razoné que no debía de guardar ninguna relación con la enfermedad, que sólo debía de tratarse de un desinterés pasajero por la comida en el que una persona sana jamás repararía. Carl consiguió esbozar una sonrisa y dijo: «Quizá.» Sin embargo, a partir de aquel momento tuvo que obligarse a comer y sus fuerzas menguaron visiblemente. Pese a todo, insistió en cumplir un compromiso contraído hacía ya tiempo y pronunciar aquella misma semana dos conferencias en el área de la bahía de San Francisco. Cuando regresó a nuestro hotel tras la segunda charla estaba exhausto. Llamamos a Seattle.

Los médicos nos apremiaron a volver de inmediato al Hutch. Me aterraba tener que decir a Sasha y a Sam que no regresaríamos a casa al día siguiente, como les habíamos prometido; que en lugar de ello haríamos un cuarto viaje a Seattle, lugar que se había convertido para nosotros en sinónimo de horror. Los chicos se quedaron de una pieza. ¿Cómo disipar convincentemente sus temores de que aquello podía acabar, al igual que en las tres ocasiones anteriores, en otra estancia de seis meses lejos de casa o, según sospechó Sasha, en algo mucho peor? Una vez más recurrí a mi mantra estimulante: «Papá quiere vivir. Es el hombre más valiente y fuerte que conozco. Los médicos son los mejores que hay en el mundo...» Sí, tendríamos que postergar la Hanuca\*, pero en cuanto papá se restableciera...

Al día siguiente, en Seattle, una radiografía reveló que Carl padecía una neumonía de causa desconocida. Los repetidos análisis no lograron determinar si su origen era bacteriano, viral o fúngico. La inflamación de sus pulmones constituía tal vez una reacción tardía a la dosis letal de radiaciones que había recibido seis meses antes como preparación para el último trasplante de médula ósea. Unas grandes dosis de esteroides sólo consiguieron aumentar sus sufrimientos y no hicieron ningún bien a sus pulmones. Los médicos empezaron a prepararme para lo peor. A partir de entonces, cuando iba por los pasillos del hospital encontraba en los rostros familiares del personal expresiones harto diferentes. Me esquivaban y rehuían mi mirada. Era preciso que viniesen los chicos. Cuando Carl vio a Sasha, pareció operarse en su condición un cambio milagroso. «Bella, bella Sasha —exclamó—. No sólo eres bella, sino también maravillosa.» Le dijo que si conseguía sobrevivir sería en parte por la fuerza que le brindaba su presencia. Durante unas cuantas horas los monitores del hospital registraron lo que parecía un cambio completo. Mis esperanzas aumentaron, pero en el fondo no podía dejar de advertir que los médicos no compartían mi entusiasmo. Vieron aquella momentánea recuperación como lo que era, «veranillo de otoño», la breve pausa del organismo antes de su pugna final.

—Esto es un velatorio —me dijo serenamente Carl—. Voy a morir.

—No —protesté—. Lo superarás como ya hiciste antes, cuando parecía que no quedaban esperanzas.

Se volvió hacia mí con el mismo gesto que yo había contemplado incontables veces en las discusiones y escaramuzas de nuestros 20 años de escribir juntos y de amor apasionado. Con

---

\* Fiesta judía que se celebra durante ocho días de diciembre y conmemora la victoria de los macabeos sobre Antíoco de Siria, en el siglo II a. de C., y la purificación del Templo. En la actualidad es ocasión anual de regalos para los niños. (*N. del T.*)

una mezcla de buen humor y escepticismo, pero, como siempre, sin vestigio de autocompasión, repuso escuetamente:

—Bueno, veremos quién tiene razón ahora.

Sam, de cinco años ya, fue a ver a su padre por última vez. Aunque Carl luchaba por respirar y le costaba hablar, consiguió sobreponerse para no asustar al menor de sus hijos.

—Te quiero, Sam —fue todo lo que logró musitar.

—Yo también te quiero, papá —dijo Sam con tono solemne.

Desmintiendo las fantasías de los integristas, no hubo conversión en el lecho de muerte, ni en el último minuto se refugió en la visión consoladora de un cielo o de otra vida. Para Carl, sólo importaba lo cierto, no aquello que sólo sirviera para sentirnos mejor. Incluso en el momento en que puede perdonarse a cualquiera que se aparte de la realidad de la situación, Carl se mostró firme. Cuando nos miramos fijamente a los ojos, fue con la convicción compartida de que nuestra maravillosa vida en común acababa para siempre.

Todo comenzó en 1974, en una cena que ofrecía Nora Ephron en Nueva York. Recuerdo lo guapo que me pareció Carl, con su deslumbrante sonrisa y la camisa remangada. Hablamos de béisbol y de capitalismo, y me asombró hacerle reír de tan buena gana. Pero Carl estaba casado y yo prometida a otro hombre. Los cuatro empezamos a salir, intimamos y pronto empezamos a trabajar juntos. En las ocasiones en que Carl y yo nos quedábamos solos, la atmósfera era eufórica y electrizante, pero ninguno de los dos reveló un atisbo de sus verdaderos sentimientos. Habría sido impensable.

A comienzos de la primavera de 1977, la NASA invitó a Carl a crear una comisión para seleccionar el contenido del disco que llevaría cada uno de los vehículos espaciales *Voyager 1* y *2*. Tras un ambicioso reconocimiento de los planetas exteriores y de sus satélites, la gravitación expulsaría del sistema solar las dos naves. Se presentaba, pues, la oportunidad de enviar un mensaje a posibles seres de otros mundos y épocas. Podría ser algo mucho más complejo que la placa que Carl, su esposa Linda Salzman y el astrónomo Frank Drake habían incluido en el *Pioneer 10*. Aquello fue un primer paso, pero se trataba esencialmente de una placa de matrícula. En el disco de los *Voyager* figurarían saludos en 60 lenguas humanas, el canto de una ballena, un ensayo sonoro sobre la evolución, 116 fotografías de la vida en la Tierra y 90 minutos de música de una maravillosa diversidad de culturas terrestres. Los técnicos calcularon que aquellos discos de oro podrían durar 1.000 millones de años.

¿Cuánto es un millar de millones de años? Dentro de 1.000 millones de años los continentes de la Tierra habrán cambiado tanto que no reconoceríamos la superficie de nuestro propio planeta. Hace 1.000 millones de años las formas más complejas de la vida en la Tierra eran bacterias. En plena carrera armamentística, nuestro futuro, incluso a corto plazo, parecía una perspectiva dudosa. Quienes tuvimos el privilegio de crear el mensaje de los *Voyager* obramos con la sensación de realizar una misión sagrada. Resultaba concebible que, al estilo de Noé, estuviésemos construyendo el arca de la cultura humana, el único artefacto que sobreviviría en un futuro inimaginablemente remoto.

Durante mi ardua búsqueda del más valioso fragmento de música china, telefoneé a Carl y le dejé un mensaje en su hotel de Tucson, adonde había acudido para pronunciar una conferencia. Una hora más tarde sonó el teléfono en mi apartamento de Manhattan. Descolgué y oí su voz:

—Acabo de volver a mi habitación y he encontrado un mensaje que decía «Llamó Annie»; entonces me pregunté: «¿Por qué no habrá dejado ese mensaje hace diez años?»

—Pensaba hablarte de eso, Carl —respondí con tono de broma. Y luego más seria añadí—: ¿Para siempre?

—Sí, para siempre —respondió con ternura—. ¿Quieres casarte conmigo?

—Sí —contesté.

En aquel momento experimentamos lo que debe de sentirse al descubrir una nueva ley de la naturaleza. Era un *eureka*, el momento de la revelación de una gran verdad, que confirmarían incontables pruebas a lo largo de los 20 años siguientes. Sin embargo, suponía también asumir



una responsabilidad ilimitada. ¿Cómo podría volver a sentirme bien fuera de ese mundo maravilloso una vez que lo había conocido? Era el 1 de junio, la fiesta de nuestro amor. Luego, cuando uno de los dos se mostraba poco razonable con el otro, la invocación del 1 de junio solía hacer entrar en razón a la parte ofensora.

Antes, en otra ocasión, había preguntado a Carl si uno de esos supuestos extraterrestres de dentro de 1.000 millones de años sería capaz de interpretar las ondas cerebrales del pensamiento de alguien. «¡Quién sabe! Mil millones de años es mucho, muchísimo tiempo. ¿Por qué no intentarlo, suponiendo que será posible?», fue su respuesta.

Dos días después de aquella llamada telefónica que cambió nuestras vidas, fui a un laboratorio del hospital Bellevue, de Nueva York, y me conectaron a un ordenador que convertía en sonidos todos los datos de mi cerebro y de mi corazón. Durante una hora había repasado la información que deseaba transmitir. Empecé pensando en la historia de la Tierra y de la vida que alberga. Del mejor modo que pude intenté reflexionar sobre la historia de las ideas y de la organización social humana. Pensé en la situación en que se encontraba nuestra civilización y en la violencia y la pobreza que convierten este planeta en un infierno para tantos de sus habitantes. Hacia el final me permití una manifestación personal sobre lo que significaba enamorarse.

Carl tenía mucha fiebre. Seguí besándolo y frotando mi cara contra su ardiente mejilla sin afeitarse. El calor de su piel era extrañamente tranquilizador. Quería que su vibrante ser físico se convirtiera en un recuerdo sensorial grabado en mí de manera indeleble. Me debatía entre el afán de animarlo a luchar y el deseo de verlo libre de la tortura de todos los aparatos que lo mantenían con vida y del demonio que llevaba dos años atormentándolo.

Llamé por teléfono a Cari, su hermana, que tanto de sí misma había dado para evitar ese desenlace, a sus hijos mayores, Dorion, Jeremy y Nicholas, y a su nieto Tonio. Unas semanas antes, todos los miembros de la familia habíamos celebrado juntos el Día de Acción de Gracias en nuestra casa de Ithaca. Por decisión unánime fue el mejor Día de Acción de Gracias que jamás conocimos. Nos separamos encantados. En aquella reunión reinó entre nosotros una autenticidad y una intimidad que nos brindaron un sentido mayor de nuestra unidad. Luego coloqué el auricular cerca del oído de Carl para que pudiese escuchar, una tras otra, las despedidas de todos.

Nuestra amiga la escritora y productora Lynda Obst se apresuró a venir de Los Ángeles para estar con nosotros. Lynda se hallaba en casa de Nora aquella noche maravillosa en que Carl y yo nos conocimos. Había sido testigo, más que cualquier otra persona, de nuestras colaboraciones tanto personales como profesionales. Como productora original de la película *Contacto*, trabajó en estrecha colaboración con nosotros durante los 16 años que costó hacer realidad aquel empeño.

Lynda había observado que la perpetua incandescencia de nuestro amor ejercía una especie de tiranía sobre aquellos de nuestro entorno que no tuvieron tanta fortuna en la búsqueda de un alma gemela; pero en vez de molestarle nuestra relación, a Lynda le entusiasmaba tanto como a un matemático un teorema de existencia, algo que demostrase que una cosa era posible. Solía llamarme Miss Hechizo. Carl y yo disfrutábamos intensamente de los ratos que pasábamos con ella, entre risas, hablando hasta bien entrada la noche de ciencia, filosofía, chismes, cultura popular, de todo. Esa mujer que había ascendido con nosotros, que me acompañó el día deslumbrante en que elegí mi vestido de novia, estuvo a nuestro lado cuando nos dijimos adiós para siempre.

Durante días y noches, Sasha y yo nos habíamos relevado junto a Carl, murmurándole palabras reconfortantes al oído. Sasha le expresó cuánto le quería y todo lo que haría en su vida para enaltecerlo. «Un hombre magnífico, una vida maravillosa —le dije una y otra vez—. Bien hecho. Te dejo partir con orgullo y alegría por nuestro amor. Sin miedo. Primero de junio. Uno de junio. Para siempre...»

Mientras realizo en pruebas de imprenta los cambios que Carl temía que fuesen necesarios, su hijo Jeremy está en el piso de arriba, dando a Sam su lección nocturna con el ordenador. Sasha se halla en su habitación, dedicada a sus tareas escolares. Las naves *Voyager*, con sus revelaciones sobre un minúsculo mundo favorecido por la música y el amor, se encuentran más allá de los planetas exteriores, rumbo al mar abierto del espacio interestelar. Vuelan a 65.000 kilómetros por hora hacia las estrellas y un destino que sólo podemos soñar. Estoy rodeada de

cajas llenas de cartas procedentes de todo el planeta. Son de personas que lloran la pérdida de Carl. Muchas le atribuyen su inspiración. Algunas afirman que el ejemplo de Carl las indujo a trabajar por la ciencia y la razón contra las fuerzas de la superstición y el integrismo. Esos pensamientos me consuelan y alivian mi angustia. Me permiten sentir, sin recurrir a lo sobrenatural, que Carl aún vive.

Ann Druyan

*14 de febrero de 1997*

*Ithaca, Nueva York*

## *Agradecimientos\**

Como de costumbre, este libro ha sido enriquecido y mejorado de manera inconmensurable por comentarios acertados, sugerencias sobre su contenido y la destreza del estilo de Annie Druyan. De mayor, quiero ser como ella.

Muchos amigos y colegas formularon comentarios útiles sobre el conjunto o sobre partes del libro. Estoy muy agradecido a todos, en especial a David Black, James Hansen, Jonathan Lunine, Geoff Marcy, Richard Turco y George Wetherill.

Entre quienes respondieron generosamente a nuestras peticiones de información se encuentran Linden Blue, de General Atomics, John Bryson de Southern California Edison, Jane Callen y Jerry Donahoe del Departamento de Comercio de Estados Unidos, Punam Chuhan y Julie Rickman del Banco Mundial, Peter Nathanielsz del Departamento de Fisiología de la Facultad de Medicina Veterinaria de Cornell, James Rachels de la Universidad de Alabama en Birmingham, Boubacar Touré de la Organización de Alimentación y Agricultura de las Naciones Unidas y Tom Welch del Departamento de Energía de Estados Unidos. Agradezco a Leslie LaRocco, del Departamento de Idiomas Modernos y Lingüística de la Universidad de Cornell, sus servicios de traducción en la comparación de las versiones de «El enemigo común» en *Parade* y *Ogonyok*.

Manifiesto mi gratitud por su saber y ayuda a Mort Janklow y Cynthia Cannell, de Janklow & Nesbit Associates, y a Ann Godoff, Harry Evans, Alberto Vitale, Kathy Rosenbloom y Martha Schwartz, de Random House.

Tengo una deuda especial con William Barnett por la meticulosidad de sus transcripciones, documentación, lectura de pruebas y por haberse ocupado del texto en diversas etapas de su elaboración. Bill desarrolló toda esta tarea mientras yo batallaba contra una grave enfermedad. Sentir que podía confiar enteramente en él fue una bendición que agradezco. Andrea Barnett y Laurel Parker, de mi despacho en la Universidad de Cornell, se encargaron de la correspondencia esencial y de completar investigaciones. Agradezco asimismo su eficaz asistencia a Karenn Gobrecht y Cindi Vita Vogel, del despacho de Annie.

Aunque todo el material de este libro haya sido revisado o sea nuevo, el meollo de muchos capítulos fue anteriormente publicado en *Parade*; por ello doy las gracias a su redactor jefe, Walter Anderson, y a David Currier, jefe de edición, por su inquebrantable apoyo a lo largo de los años. Partes de algunos capítulos han aparecido en *American Journal of Physics*; *Forbes-FYI*; *Environment in Peril*, Anthony Wolbarst, ed., Smithsonian Institution Press, Washington, D. C. (de una conferencia que pronuncié en la Agencia de Protección Ambiental, Washington, D. C.); *Los Ángeles Times*; y *Lend Me Your Ears: Great Speeches in History*, William Safire, ed., W. W. Norton, Nueva York, 1992.

Patrick McDonnell accedió generosamente a la inclusión de sus dibujos para ilustrar el texto.

Agradezco también a Carson Productions Group su autorización para utilizar una fotografía en la que aparezco con Johnny Carson; a Barbara Boettcher por sus diseños; a James Hansen por autorizar la publicación de los gráficos del capítulo 11; y a Lennart Nilsson por su permiso para la realización de dibujos sobre sus magistrales fotografías de fetos humanos *in útero*.

---

\* El doctor Sagan falleció antes de poder completar esta relación. Los editores lamentan la omisión de los nombres de cualesquiera personas e instituciones que habría mencionado de haber estado en condiciones de terminar estas notas.

## Referencias

(Unas cuantas citas y sugerencias para ulteriores lecturas)

### **Capítulo 1, Miles y miles de millones**

Millet, Robert L. y Fielding McConkie, Joseph, *The Life Beyond*, Bookcraft, Salt Lake City, 1986.

### **Capítulo 3, Los cazadores de la noche del lunes**

Araton, Harvey, «Nuggets' Abdul-Rauf Shouldn't Stand for It», *The New York Times.*, 14 de marzo de 1996.

Un buen anecdotario de los deportes profesionales y sus admiradores es *Fans!*, de Michael Roberts (New Republic Book Co., Washington, D. C., 1976). Un estudio clásico sobre la sociedad de cazadores-recolectores es *The !Kung San*, de Richard Borshay Lee (Cambridge University Press, Nueva York, 1979). La mayor parte de las costumbres mencionadas en este libro se aplican a los !kung y a muchas otras culturas no marginales de cazadores-recolectores de todo el mundo, antes de que fueran destruidas por la civilización.

### **Capítulo 4, La mirada de Dios y el grifo que gotea**

Yoshida, Kumi, *et al*, «Cause of Blue Petal Colour», *Nature*, vol. 373, 1995, p. 291.

### **Capítulo 9, Crespo y Casandra**

*Managing Planet Earth: Reading from «Scientific American» Magazine*, W. H. Freeman, Nueva York, 1990.

McMichael, A. J., *Planetary Overload: Global Environmental Change and the Health of the Human Species*, Cambridge University Press, Nueva York, 1993.

Turco, Richard, *Earth Under Siege: Air Pollution and Global Change*, Oxford University Press, Nueva York, 1995.

### **Capítulo 10, Falta un pedazo del cielo**

Alterman, Eric, «Voodoo Science», *The Nation*, 5 de febrero de 1996, pp. 6-7.

Benedick, Richard, *Ozone Diplomacy: New Directions in Safeguarding the Planet*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1991.

Brune, William, «There's Safety in Numbers», *Nature*, vol. 379, 1996, pp. 486-487.

Makhijani, Arjun y Gurney, Kevin, *Mending the Ozone Hole*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1995.

Montzka, Stephen A., *et al*, «Decline in the Tropospheric Abundance of Halogen for Halocarbons: Implications for Stratospheric Ozone Depletion», *Science*, vol. 272, 1996, pp.1318-1322.

Sherwood Rowland, E, «The Ozone Depletion Phenomenon», en *Beyond Discovery*, Academia Nacional de Ciencias, Washington, D. C., 1996.

Russell III, James M., *et al.*, «Satellite Confirmation of the Dominance of Chlorofluorocarbons in the Global Stratospheric Chlorine Budget», *Nature*, vol. 379, 1996, pp. 526-529.

### **Capítulo 11, Emboscada: el calentamiento del mundo**

Anderson, Jack, «Lessons for Us to Learn from the Persian Gulf», *Ithaca Journal*, 29 de septiembre de 1990, p. 10A. Balling, Jr., Robert, «Keep Cool About Global Warming», carta a *The Wall Street Journal*, 16 de octubre de 1995, p. A14.

Ellsaesser, Hugh W., Inskip, Gregory A. y Wigley, Tom M. L., «Apply Cold Science to a Hot Topic», diversas cartas a *The Wall Street Journal*, 20 de noviembre de 1995.

Gornitz, Vivien, «Sea-Level Rise: A Review of Recent Past and Near-Future Trends», en *Earth Surface Processes and LandForms*, vol. 20, 1995, pp. 7-20.

Hansen, James, «Climatic Change: Understanding Global Warming», en *One World*, Robert Lanza ed., Health Press, Santa Fe, Nuevo México, 1996.

Johannessen, Ola M., *et al.*, «The Arctic's Shrinking Sea Ice», *Nature*, vol. 376, 1995, pp. 126-127.

Kerr, Richard A., «Scientists See Greenhouse, Semioficially», *Science*, vol. 269, 1995, p. 1657.  
—, «It's Official: First Glimmer of Greenhouse Warming Seen», *Science*, vol. 270, 1995, pp. 1565-1567.

MacCracken, Michael, «Climate Change: the Evidence Mounts Up», *Nature*, vol. 376, 1995, pp. 645-646.

Oppenheimer, Michael, «The Big Greenhouse is Getting Warmer», carta a *The Wall Street Journal*, 27 de octubre de 1995, p. A15.

Rosenzweig, Cynthia y Hillel, Daniel, «Potential Impacts of Climatic Change on Agriculture and Food Supply», *Consequences*, vol. 1, verano de 1995, pp. 23-32.

Schwartz, Stephen E. y Andreae, Meinrat O., «Uncertainty in Climate Change Caused by Aerosols», *Science*, vol. 272, 1996, pp. 1121-1122.

Sprigg, William, «Climate Change: Doctors Watch the Forecasts», *Nature*, vol. 379, 1996, p. 582.

Stevens, William K., «A Skeptic Asks, Is It Getting Hotter, or Is It Just the Computer Model?», *The New York Times*, 18 de junio de 1996, p. C1.

Uppenbnk, Julia, «Arrhenius and Global Warming», *Science*, vol. 272, 1996, p. 1122.

### **Capítulo 12, Huir de la emboscada**

Asrar, Ghossen y Dozier, Jeff, *EOS: Science Strategy for the Earth Observing System*, American Institute of Physics Press, Woodbury, Nueva York, 1994.

*Business and the Environment* (Cutter Information Corp.), enero de 1996, p. 4.

«FAS Hosts Climate Change Conference for World Bank», FAS (Federación de Científicos Americanos), Public Interest Report, marzo-abril de 1996.

Graham, Kennedy, *The Planetary Interest*, Global Security Programme, Universidad de Cambridge, Gran Bretaña, 1995.

Leggett, Jeremy, ed., *Global Warming*, Oxford University Press, Nueva York, 1990.

Mancini, Thomas R., Chavez, James M. y Kolb, Gregory J., «Solar Thermal Power Today and Tomorrow», *Mechanical Engineering*, vol. 116, 1994, pp. 74-79.

Valenti, Michael, «Storing Solar Energy in Salt», *Mechanical Engineering*, vol. 117, 1995, pp. 72-75.

### **Capítulo 13, Religión y ciencia: una alianza**

Edelson Halport, Julie, «Harnessing the Sun and Selling It Abroad: U. S. Solar Industry in Export Boom», *The New York Times*, 5 de junio de 1995, p. D1.

Panikkar, Raimon, (Universidad de California en Santa Bárbara) en Global World Forum of Spiritual and Parliamentary Leaders, Oxford, Gran Bretaña, abril de 1988.

Sagan, Carl, *et al.*, «Preserving and Cherishing the Earth», *American Journal of Physics*, vol. 58, 1990, pp. 615-617.

Steinfels, Peter, «Evangelical Group Defends Law Protecting Endangered Species as a Modern "Noah's Ark"», *The New York Times*, 31 de enero de 1996.

### **Capítulo 14, El enemigo común**

Arbatov, Georgi, *The System: An Insider's Life in Soviet Politics*, Times Books, Nueva York, 1992.

Heller, Mijaíl y Nekrich, Aleksander M., *Utopia in Power: The History of the Soviet Union from 1917 to the Present*, Summit Books, Nueva York, 1986.

**Capítulo 15, Aborto: ¿es posible tomar al mismo tiempo partido por «la vida» y la «elección»?**

Connery, John, S. J., *Abortion: The Development of the Roman Catholic Perspective*, Loyola University Press, Chicago, 1977.

England, M. A., *The Color Atlas of Life Before Birth: Normal Fetal Development*, 2ª ed., Yearbook Medical Publishers, Inc., Chicago, 1990.

Hurst, Jane, *The History of Abortion in the Catholic Church: The Untold Story*, Catholics for a Free Choice, Washington, D. C., 1989.

Sagan, Carl, *Los dragones del edén*, RBA, Barcelona, 1993.

—, y Druyan, Ann, *Sombras de antepasados olvidados*, Círculo de Lectores, Barcelona, 1994.

**Capítulo 17, Gettysburg y ahora**

Korb, Lawrence J., «Military Metamorphosis», *Issues in Science and Technology*, invierno de 1995/6, pp. 75-77.

**Capítulo 19, En el valle de las sombras**

Einstein, Albert, *La lucha contra la guerra*, Piqueta, 1986.

CARL  
SAGAN

EL  
MUNDO  
Y SUS  
DEMONIOS

LA CIENCIA COMO  
UNA LUZ EN LA OSCURIDAD

 Planeta

CARL SAGAN

# EL MUNDO Y SUS DEMONIOS

LA CIENCIA COMO UNA LUZ EN LA  
OSCURIDAD

---

Traducción de  
DOLORS ÜDINA

**PLANETA**



Colección: La Línea del Horizonte Título original: The Demond-haunted World

© Cari Sagan, 1995. © Por la traducción, Dolors Udina, 1997 © Editorial Planeta, S. A., 2000. Córcega, 273-279, 08008 Barcelona (España)

Diseño de la colección: Joan Batallé

Ilustración de la sobrecubierta: foto © Steven Puetzer/Photonica

Agradecemos el permiso para reimprimir material previamente publicado a: ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY INC.: extracto de *Lectures on Physics: Commemorative Issue 3 Volume Package* de Richard P. Feynman, Robert B. Leighton y Matthew Sands. Copyright © California Instituto of Technology, 1964. Reimpreso con permiso de Addison-Wesley Publishing Company, Inc. CROWN PUBLISHERS INC.: extracto de *The Enciclopedia of Witchcraft ana Demonology* de Rossell Hope Robbins. Copyright © Crown Publishers, Inc., 1959. Reimpreso con permiso del editor. DOVER PUBLICATIONS, INC.: extracto de «On the Electrodynamics of Moving Bodies» de Albert Einstein, de *The Principie of Relativity: A Collection of Original Memoirs on the Special and General Theory of Relativity* de H. Lorentz, A. Einstein, H. Minkowski y H. Weyl. Reimpreso con permiso. ENCYCLOPAEDIA BRITANNICA, INC.: «Percepción» en *Encyclopaedia Britannica*, 15.<sup>a</sup> edición. Copyright © Enciclopaedia Britannica, Inc., 1985. Reimpreso con permiso. FMS FOUNDATTON: extracto de «Memory with a Grain of Saib» de Ulric Neisser (*FMS Foundation Newsletter*, vol. 2, no. 4). Reimpreso con permiso. INTERNATIONAL ASSOCIATION OF CHIEFS OF PÓLICE: extracto de «Satanic, Occult and Ritualistic Crime» de Kenneth V. Lanning (*The Police Chief*, vol. LVI, no. 10, octubre de 1989). Copyright en poder de la International Association of Chiefs of Pólice, 515 N, Washington Street, Alexandria, VA 22314. Está estrictamente prohibida una nueva reproducción sin el permiso escrito ex profeso de IACP. Reimpreso con permiso. *Journal of Abnormal Psychology*: extracto de «Cióse Encounters: An Examination of the UFO Experience» de Nicholas P. Spanos, Patricia A. Cross, Kirby Dixon y Susan C. DeBraul (vol. 102, 1993, p. 631). Reimpreso con permiso. *Journal of American Folklore*: extracto de «UFO Abduction Reports: The Supernatural Kidnap Narrative Returns in Technological Guise» de Thomas E. Bullard (vol. 102, no. 404, abril-junio de 1989). Reimpreso con permiso de la American Anthropological Association. No se permiten más reproducciones. HAROLD OBER ASSOCIATES, INC.: extracto de *The Fifty-Minute Hour* de Robert Lindner (Holt, Rinehart). Copyright © Robert Lindner, 1954. Reimpreso con permiso de Harold Ober Associates, Inc. PENGUIN UK: extracto de *Buddhist Scriptures*, traducido al inglés por Edward Conze (Penguin Classics, 1959). Copyright © Edward Conze, 1959. Reimpreso con permiso. POINT FOUNDATION c/o BROCKMAN, INC.: extracto de «Confessions of a Parapsychologist» de Susan Blackmore y extracto de «The Science of Spirituality» de Charles Tart; ambos extractos de *The Fringes of Reason: A Whole Earth Catalog*. Copyright © Point Foundation, 1989. Reimpreso con permiso de Point Foundation. PRINCETON UNIVERSITY PRESS: extracto de *Appa-ritions in Late Medieval and Renaissance Spain* de William A. Christian, Jr. Copyright © Prin-ceton University Press, 1981. Reimpreso con permiso de Princeton University Press. RUTGERS UNIVERSITY PRESS: extracto de las páginas 33 y 78 de *Science and Its Critics* de John Passmore. Copyright © Rutgers, Universidad Estatal de Nueva Jersey, 1978. Reimpreso con permiso de Rutgers University Press. TICKSON Music: tres líneas de «CTA-102» de Roger McGuinn y Robert J. Hippard. Copyright © Tickon Music (BMI), 1967. Todos los derechos reservados. Reimpreso con permiso.

Primera edición en esta presentación: marzo de 2000

Déposito Legal: B. 7.474-2000. ISBN 84-08-03515-0

Composición: Víctor Igual, S. L. Impresión: A&M Gráfico, S. L

Encuadernación: Servéis Grafios 106, S. L. Printed in Spain - Impreso en España

Este libro no podrá ser reproducido, ni total ni parcialmente, sin el previo permiso escrito del editor. Todos los derechos reservados

# Índice

---

Prefacio: Mis profesores.....	7
1. LO MÁS PRECIADO.....	12
2. CIENCIA Y ESPERANZA.....	33
3. EL HOMBRE DE LA LUNA Y LA CARA DE MARTE.....	49
4. EXTRATERRESTRES.....	67
5. ARGUCIAS Y SECRETOS.....	83
6. ALUCINACIONES.....	100
7. EL MUNDO POSEÍDO POR DEMONIOS.....	114
8. SOBRE LA DISTINCIÓN ENTRE VISIONES VERDADERAS Y FALSAS.....	134
9. TERAPIA.....	148
10. UN DRAGÓN EN EL GARAJE.....	164
11. LA CIUDAD DE LA AFLICCIÓN.....	183
12. EL SUTIL ARTE DE DETECTAR CAMELOS.....	194
13. OBSESIONADO CON LA REALIDAD.....	212
14. ANTICIENCIA.....	237
15. EL SUEÑO DE NEWTON.....	256
16. CUANDO LOS CIENTÍFICOS CONOCEN EL PECADO.....	270
17. UN MATRIMONIO ENTRE EL ESCEPTICISMO Y EL ASOMBRO.....	281
18. EL VIENTO LEVANTA POLVO.....	294
19. NO HAY PREGUNTAS ESTÚPIDAS.....	305
20. LA CASA EN LLAMAS.....	323
21. EL CAMINO DE LA LIBERTAD.....	339
22. ADICTOS DEL SIGNIFICADO.....	353
23. MAXWELL Y LOS «BICHOS RAROS» <sup>1</sup> .....	365
24. CIENCIA Y BRUJERÍA <sup>1</sup> .....	386
25. LOS VERDADEROS PATRIOTAS HACEN PREGUNTAS <sup>1</sup> .....	404
<i>Agradecimientos</i> .....	417
<i>Referencias</i> .....	420
<i>Índice temático (sin actualizar)</i> .....	428

*A Tonio, mi nieto*

*Te deseo un mundo Libre de demonios y lleno de luz,*

Esperamos luz, y he ahí tinieblas.

Isaías 59, 9

Es mejor encender una vela que  
maldecir la oscuridad.

Refrán

## PREFACIO

# MIS PROFESORES

---

Era un día de tormenta en el otoño de 1939. Afuera, en las calles alrededor del edificio de apartamentos, las hojas caían y formaban pequeños remolinos, cada una con vida propia. Era agradable estar dentro, a salvo y caliente, mientras mi madre preparaba la cena en la habitación contigua. En nuestro apartamento no había niños mayores que se metieran con uno sin razón. Precisamente, la semana anterior me había visto envuelto en una pelea... no recuerdo, después de tantos años, con quién; quizá fuera con Snoony Ágata, del tercer piso... y, tras un violento golpe, mi puño atravesó el cristal del escaparate de la farmacia de Schechter.

El señor Schechter se mostró solícito: «No pasa nada, tengo seguro», dijo mientras me untaba la muñeca con un antiséptico increíblemente doloroso. Mi madre me llevó al médico, que tenía la consulta en la planta baja de nuestro bloque. Con unas pinzas extrajo un fragmento de vidrio y, provisto de aguja e hilo, me aplicó dos puntos.

«¡Dos puntos!», había repetido mi padre por la noche. Sabía de puntos porque era cortador en la industria de la confección; su trabajo consistía en cortar patrones —espaldas, por ejemplo, o mangas para abrigos y trajes de señora— de un montón de tela enorme con una temible sierra eléctrica. A continuación, unas interminables hileras de mujeres sentadas ante máquinas de coser ensamblaban los patrones. Le complacía que me hubiera enfadado tanto como para vencer mi natural timidez.

A veces es bueno devolver el golpe. Yo no había pensado ejercer ninguna violencia. Simplemente ocurrió así. Snoony me empujó y, a

continuación, mi puño atravesó el escaparate del señor Schechter. Yo me había lesionado la muñeca, había generado un gasto médico inesperado, había roto un cristal, y nadie se había enfadado conmigo. En cuanto a Snoony, estaba más simpático que nunca.

Intenté dilucidar cuál era la lección de todo aquello. Pero era mucho más agradable intentar descubrirlo en el calor del apartamento, mirando a través de la ventana de la sala la bahía de Nueva York, que arriesgarme a un nuevo contrat tiempo en las calles.

Mi madre se había cambiado de ropa y maquillado como solía hacer siempre antes de que llegara mi padre. Casi se había puesto el sol y nos quedamos los dos mirando más allá de las aguas embravecidas.

—Allí fuera hay gente que lucha, y se matan unos a otros —dijo haciendo una señal vaga hacia el Atlántico. Yo miré con atención.

—Lo sé —contesté—. Los veo.

—No, no los puedes ver —repuso ella, casi con severidad, antes de volver a la cocina—. Están demasiado lejos.

¿Cómo podía saber ella si yo los veía o no?, me pregunté. Forzando la vista, me había parecido discernir una fina franja de tierra en el horizonte sobre la que unas pequeñas figuras se empujaban, pegaban y peleaban con espadas como en mis cómics. Pero quizá tuviera razón. Quizá se trataba sólo de mi imaginación; como los monstruos de medianoche que, en ocasiones, todavía me despertaban de un sueño profundo, con el pijama empapado de sudor y el corazón palpitante.

¿Cómo se puede saber cuando alguien sólo imagina? Me quedé contemplando las aguas grises hasta que se hizo de noche y me mandaron a lavarme las manos para cenar. Para mi delicia, mi padre me tomó en brazos. Podía notar el frío del mundo exterior contra su barba de un día.

---000---

Un domingo de aquel mismo año, mi padre me había explicado con paciencia el papel del cero como punto de origen en aritmética, los nombres de sonido malicioso de los números grandes y que no existe el número más grande («Siempre puedes añadir uno más», decía). De pronto me entró una compulsión infantil de escribir en secuencia todos los números enteros del uno al mil. No teníamos ninguna libreta de papel, pero mi padre me ofreció el montón de cartones grises que guardaba cuando le traían las camisas de la lavandería. Empecé el proyecto con entusiasmo, pero me sorprendió lo lento que era. Cuando me encontraba todavía en los cientos más bajos, mi madre anunció que era la hora del baño. Me quedé desconsolado. Tenía que llegar a mil. Intervino mi padre, que toda la vida actuó de mediador: si me sometía al

baño sin rechistar, él continuaría la secuencia por mí. Yo no cabía en mí de contento. Cuando salí del baño ya estaba cerca del novecientos, y así pude llegar a mil sólo un poco después de la hora habitual de acostarme. La magnitud de los números grandes nunca ha dejado de impresionarme.

También en 1939, mis padres me llevaron a la Feria Mundial de Nueva York. Allí se me ofreció una visión de un futuro perfecto que la ciencia y la alta tecnología habían hecho posible. Habían enterrado una cápsula llena de artefactos de nuestra época, para beneficio de la gente de un futuro lejano... que, asombrosamente, quizá no supiera mucho de la gente de 1939. El «mundo del mañana» sería impecable, limpio, racionalizado y, por lo que yo podía ver, sin rastro de gente pobre.

«Vea el sonido», ordenaba de modo desconcertante un cartel. Y, desde luego, cuando el pequeño martillo golpeaba el diapasón aparecía una bella onda sinusoidal en la pantalla del osciloscopio. «Escuche la luz», exhortaba otro cartel. Y, cuando el flash iluminó la fotocélula, pude escuchar algo parecido a las interferencias de nuestra radio Motorola cuando el dial no daba con la emisora. Sencillamente, el mundo encerraba una serie de maravillas que nunca me había imaginado. ¿Cómo podía convertirse un tono en una imagen y la luz en ruido?

Mis padres no eran científicos. No sabían casi nada de ciencia. Pero, al introducirme simultáneamente en el escepticismo y lo asombroso, me enseñaron los dos modos de pensamiento difícilmente compaginables que son la base del método científico. Su situación económica no superaba en mucho el nivel de pobreza. Pero cuando anuncié que quería ser astrónomo recibí un apoyo incondicional, a pesar de que ellos (como yo) sólo tenían una idea rudimentaria de lo que hace un astrónomo. Nunca me sugirieron que a lo mejor sería más oportuno que me hiciera médico o abogado.

Me encantaría poder decir que en la escuela elemental, superior o universitaria tuve profesores de ciencias que me inspiraron. Pero, por mucho que buceé en mi memoria, no encuentro ninguno. Se trataba de una pura memorización de la tabla periódica de los elementos, palancas y planos inclinados, la fotosíntesis de las plantas verdes y la diferencia entre la antracita y el carbón bituminoso. Pero no había ninguna elevada sensación de maravilla, ninguna indicación de una perspectiva evolutiva, nada sobre ideas erróneas que todo el mundo había creído ciertas en otra época. Se suponía que en los cursos de laboratorio del instituto debíamos encontrar una respuesta. Si no era así, nos suspendían. No se nos animaba a profundizar en nuestros propios intereses, ideas o errores conceptuales. Al final del libro de texto había material que parecía interesante, pero el año escolar siempre terminaba antes de llegar a dicho final. Era posible ver maravillosos libros de astronomía, por ejemplo, en las bibliotecas, pero no en la clase. Se nos

enseñaba la división larga como si se tratara de una serie de recetas de un libro de cocina, sin ninguna explicación de cómo esta secuencia particular de divisiones cortas, multiplicaciones y restas daba la respuesta correcta. En el instituto se nos enseñaba con reverencia la extracción de raíces cuadradas, como si se tratara de un método entregado tiempo atrás en el monte Sinaí. Nuestro trabajo consistía meramente en recordar lo que se nos había ordenado: consigue la respuesta correcta, no importa que entiendas lo que haces. En segundo curso tuve un profesor de álgebra muy capacitado que me permitió aprender muchas matemáticas, pero era un matón que disfrutaba haciendo llorar a las chicas. En todos aquellos años de escuela mantuve mi interés por la ciencia leyendo libros y revistas sobre realidad y ficción científica.

La universidad fue la realización de mis sueños: encontré profesores que no sólo entendían la ciencia sino que realmente eran capaces de explicarla. Tuve la suerte de estudiar en una de las grandes instituciones del saber de la época: la Universidad de Chicago. Estudiaba física en un departamento que giraba alrededor de Enrico Fermi; descubrí la verdadera elegancia matemática con Subrahmanyan Chandrasekhar; tuve la oportunidad de hablar de química con Harold Urey; durante los veranos fui aprendiz de biología con H. J. Muller en la Universidad de Indiana; y aprendí astronomía planetaria con el único practicante con plena dedicación de la época, G. P. Kuiper.

En Kuiper vi por primera vez el llamado cálculo sobre servilleta de papel: se te ocurre una posible solución a un problema, coges una servilleta de papel, apelas a tu conocimiento de física fundamental, garabateas unas cuantas ecuaciones aproximadas, las sustituyes por valores numéricos probables y compruebas si la respuesta puede resolver de algún modo tu problema. Si no es así, debes buscar una solución diferente. Es una manera de ir eliminando disparates como si fueran capas de una cebolla.

En la Universidad de Chicago también tuve la suerte de encontrarme con un programa de educación general diseñado por Robert M. Hutchins en el que la ciencia se presentaba como parte integral del maravilloso tapiz del conocimiento humano. Se consideraba impensable que un aspirante a físico no conociera a Platón, Aristóteles, Bach, Shakespeare, Gibbon, Malinowski y Freud... entre otros. En una clase de introducción a la ciencia se nos presentó de modo tan irresistible el punto de vista de Tolomeo de que el Sol giraba alrededor de la Tierra que muchos estudiantes tuvieron que replantearse su confianza en Copérnico. La categoría de los profesores en el programa de Hutchins no tenía casi nada que ver con la investigación; al contrario —a diferencia de lo que es habitual en las universidades norteamericanas de



hoy—, se valoraba a los profesores por su manera de enseñar, por su capacidad de transmitir información e inspirar a la futura generación.

En este ambiente embriagador pude rellenar algunas lagunas de mi educación. Se me aclararon muchos aspectos que me habían parecido profundamente misteriosos, y no sólo en la ciencia. También fui testigo de primera mano de la alegría que sentían los que tenían el privilegio de descubrir algo sobre el funcionamiento del universo.

Siempre me he sentido agradecido a mis mentores de la década de 1950 y he hecho lo posible para que todos ellos conocieran mi aprecio. Pero cuando echo la vista atrás me parece que lo más esencial no lo aprendí de mis maestros de escuela, ni siquiera de mis profesores de universidad, sino de mis padres, que no sabían nada en absoluto de ciencia, en aquel año tan lejano de 1939.

**CAPÍTULO 1**

**LO MÁS**

**PRECIADO**

Toda nuestra ciencia, comparada con la realidad, es primitiva e infantil... y sin embargo es lo máspreciado que tenemos.

ALBERT EINSTEIN

(1879-1955)

Cuando bajé del avión, el hombre me esperaba con un pedazo de cartón en el que estaba escrito mi nombre. Yo iba a una conferencia de científicos y comentaristas de televisión dedicada a la aparentemente imposible tarea de mejorar la presentación de la ciencia en la televisión comercial. Amablemente, los organizadores me habían enviado un chofer.

—¿Le molesta que le haga una pregunta? —me dijo mientras esperábamos la maleta.

No, no me molestaba.

—¿No es un lío tener el mismo nombre que el científico aquel?

Tardé un momento en comprenderlo. ¿Me estaba tomando el pelo? Finalmente lo entendí.

—Yo *soy* el científico aquel —respondí. Calló un momento y luego sonrió.

—Perdone. Como ése es mi problema, pensé que también sería el suyo.

Me tendió la mano.

—Me llamo William F. Buckiey.

(Bueno, no era *exactamente* William F. Buckiey, pero llevaba el nombre de un conocido y polémico entrevistador de televisión, lo que sin duda le había valido gran número de inofensivas bromas.)

Mientras nos instalábamos en el coche para emprender el largo recorrido, con los limpiaparabrisas funcionando rítmicamente, me dijo que se alegraba de que yo fuera «el científico aquel» porque tenía muchas preguntas sobre ciencia. ¿Me molestaba?

No, no me molestaba.

Y nos pusimos a hablar. Pero no de ciencia. Él quería hablar de los extraterrestres congelados que languidecían en una base de las Fuerzas Aéreas cerca de San Antonio, de «canalización» (una manera de oír lo que hay en la mente de los muertos... que no es mucho, por lo visto), de cristales,

de las profecías de Nostradamus, de astrología, del sudario de Turín... Presentaba cada uno de estos portentosos temas con un entusiasmo lleno de optimismo. Yo me veía obligado a decepcionarle cada vez.

—La prueba es insostenible —le repetía una y otra vez—. Hay una explicación mucho más sencilla.

En cierto modo era un hombre bastante leído. Conocía los distintos matices especulativos, por ejemplo, sobre los «continentes hundidos» de la Atlántida y Lemuria. Se sabía al dedillo cuáles eran las expediciones submarinas previstas para encontrar las columnas caídas y los minaretes rotos de una civilización antiguamente grande cuyos restos ahora sólo eran visitados por peces luminiscentes de alta mar y calamares gigantes. Sólo que... aunque el océano guarda muchos secretos, yo sabía que no hay la más mínima base oceanográfica o geofísica para deducir la existencia de la Atlántida y Lemuria. Por lo que sabe la ciencia hasta este momento, no existieron jamás. A estas alturas, se lo dije de mala gana.

Mientras viajábamos bajo la lluvia me di cuenta de que el hombre estaba cada vez más taciturno. Con lo que yo le decía no sólo descartaba una doctrina falsa, sino que eliminaba una faceta preciosa de su vida interior.

Y, sin embargo, hay tantas cosas en la ciencia real, igualmente excitantes y más misteriosas, que presentan un desafío intelectual mayor... además de estar mucho más cerca de la verdad. ¿Sabía algo de las moléculas de la vida que se encuentran en el frío y tenue gas entre las estrellas? ¿Había oído hablar de las huellas de nuestros antepasados encontradas en ceniza volcánica de cuatro millones de años de antigüedad? ¿Y de la elevación del Himalaya cuando la India chocó con Asia? ¿O de cómo los virus, construidos como jeringas hipodérmicas, deslizan su ADN más allá de las defensas del organismo del anfitrión y subvierten la maquinaria reproductora de las células; o de la búsqueda por radio de inteligencia extraterrestre; o de la recién descubierta civilización de Ebla, que anunciaba las virtudes de la cerveza de Ebla? No, no había oído nada de todo aquello. Tampoco sabía nada, ni siquiera vagamente, de la indeterminación cuántica, y sólo reconocía el ADN como tres letras mayúsculas que aparecían juntas con frecuencia.

El señor «Buckiey» —que sabía hablar, era inteligente y curioso— no había oído prácticamente nada de ciencia moderna. Tenía un interés natural en las maravillas del universo. *Quería* saber de ciencia, pero toda la ciencia había sido expurgada antes de llegar a él. A este hombre le habían fallado nuestros recursos culturales, nuestro sistema educativo, nuestros medios de comunicación. Lo que la sociedad permitía que se filtrara eran principalmente apariencias y confusión. Nunca le habían enseñado a distinguir la ciencia real de la burda imitación. No sabía nada del funcionamiento de la ciencia.

Hay cientos de libros sobre la Atlántida, el continente mítico que según dicen existió hace unos diez mil años en el océano Atlántico. (O en otra parte. Un libro reciente lo ubica en la Antártida.). La historia viene de Platón, que lo citó como un rumor que *le* llegó de épocas remotas. Hay libros recientes que describen con autoridad el alto nivel tecnológico, moral y espiritual de la Atlántida y la gran tragedia de un continente poblado que se hundió entero bajo las olas. Hay una Atlántida de la «Nueva Era», «la civilización legendaria de ciencias avanzadas», dedicada principalmente a la «ciencia» de los cristales. En una trilogía titulada *La ilustración del cristal*, de Katrina Raphaell —unos libros que han tenido un papel principal en la locura del cristal en Norteamérica—, los cristales de la Atlántida leen la mente, transmiten pensamientos, son depositarios de la historia antigua y modelo y fuente de las pirámides de Egipto. No se ofrece nada parecido a una prueba que fundamente esas afirmaciones. (Podría resurgir la manía del cristal tras el reciente descubrimiento de la ciencia sismológica de que el núcleo interno de la Tierra puede estar compuesto por un cristal único, inmenso, casi perfecto... de hierro.)

Algunos libros —*Leyendas de la Tierra*, de Dorothy Vitaliano, por ejemplo— interpretan comprensivamente las leyendas originales de la Atlántida en términos de una pequeña isla en el Mediterráneo que fue destruida por una erupción volcánica, o una antigua ciudad que se deslizó dentro del golfo de Corinto después de un terremoto. Por lo que sabemos, ésa puede ser la fuente de la leyenda, pero de ahí a la destrucción de un continente en el que había surgido una civilización técnica y mística preternaturalmente avanzada hay una gran distancia.

Lo que casi nunca encontramos —en bibliotecas públicas, escaparates de revistas o programas de televisión en horas punta— es la prueba de la extensión del suelo marino y la tectónica de placas y del trazado del fondo del océano, que muestra de modo inconfundible que no pudo haber ningún continente entre Europa y América en una escala de tiempo parecida a la propuesta.

Es muy fácil encontrar relatos espurios que hacen caer al crédulo en la trampa. Mucho más difícil es encontrar tratamientos escépticos. El escepticismo no vende. Es cien, mil veces más probable que una persona brillante y curiosa que confíe enteramente en la cultura popular para informarse de algo como la Atlántida se encuentre con una fábula tratada sin sentido crítico que con una valoración sobria y equilibrada.

Quizá el señor «Buckiey» debería aprender a ser más escéptico con lo que le ofrece la cultura popular. Pero, aparte de eso, es difícil echarle la culpa. Él se limitaba a aceptar lo que la mayoría de las fuentes de

información disponibles y accesibles decían que era la verdad. Por su ingenuidad, se veía confundido y embaucado sistemáticamente.

La ciencia origina una gran sensación de prodigio. Pero la pseudociencia también. Las popularizaciones dispersas y deficientes de la ciencia dejan unos nichos ecológicos que la pseudociencia se apresura a llenar. Si se llegara a entender ampliamente que cualquier afirmación de conocimiento exige las pruebas pertinentes para ser aceptada, no habría lugar para la pseudociencia. Pero, en la cultura popular, prevalece una especie de ley de Gresham según la cual la mala ciencia produce buenos resultados.

En todo el mundo hay una enorme cantidad de personas inteligentes, incluso con un talento especial, que se apasionan por la ciencia. Pero no es una pasión correspondida. Los estudios sugieren que un noventa y cinco por ciento de los americanos son «analfabetos científicos». Es exactamente la misma fracción de afroamericanos analfabetos, casi todos esclavos, justo antes de la guerra civil, cuando se aplicaban severos castigos a quien enseñara a leer a un esclavo. Desde luego, en las cifras sobre analfabetismo hay siempre cierto grado de arbitrariedad, tanto si se aplica al lenguaje como a la ciencia. Pero un noventa y cinco por ciento de analfabetismo es extremadamente grave.

Todas las generaciones se preocupan por la decadencia de los niveles educativos. Uno de los textos más antiguos de la historia humana, datado en Sumeria hace unos cuatro mil años, lamenta el desastre de que los jóvenes sean más ignorantes que la generación inmediatamente precedente. Hace dos mil cuatrocientos años, el anciano y malhumorado Platón, en el libro VII de *Las leyes*, dio su definición de analfabetismo científico:

El hombre que no pudiera discernir el uno ni el dos ni el tres ni en general los pares y los impares, o el que no supiera nada de contar, o quien no fuera capaz de medir el día y la noche o careciera de experiencia acerca de las revoluciones de la Luna o del Sol o de los demás astros... Lo que hay que decir que es menester que aprendan los hombres libres en cada materia es todo aquello que aprende en Egipto junto con las letras la innumerable grey de los niños. En primer lugar, por lo que toca al cálculo, se han inventado unos sencillos procedimientos para que los niños aprendan jugando y a gusto... Yo... cuando en tiempos me enteré tardíamente de lo que nos ocurre en relación con ello, me quedé muy impresionado, y entonces me pareció que aquello no era cosa humana, sino propia más bien de bestias porcinas, y sentí vergüenza no sólo por mí mismo sino en nombre de los helenos todos.<sup>1</sup>

No sé hasta qué punto la ignorada de la ciencia y las matemáticas contribuyó al declive de la antigua Atenas, pero sé que las consecuencias del

---

<sup>1</sup> Versión de José Manuel Pabón y Manuel Fernández-Galiano, Madrid, 1984.

analfabetismo científico son mucho más peligrosas en nuestra época que en cualquier otra anterior. Es peligroso y temerario que el ciudadano medio mantenga su ignorancia sobre el calentamiento global, la reducción del ozono, la contaminación del aire, los residuos tóxicos y radiactivos, la lluvia ácida, la erosión del suelo, la deforestación tropical, el crecimiento exponencial de la población. Los trabajos y sueldos dependen de la ciencia y la tecnología. Si nuestra nación no puede fabricar, a bajo precio y alta calidad, los productos que la gente quiere comprar, las industrias seguirán desplazándose para transferir un poco más de prosperidad a otras partes del mundo. Considérense las ramificaciones sociales de la energía generada por la fisión y fusión nucleares, las supercomputadoras, las «autopistas» de datos, el aborto, el radón, las reducciones masivas de armas estratégicas, la adicción, la intromisión del gobierno en la vida de sus ciudadanos, la televisión de alta resolución, la seguridad en líneas aéreas y aeropuertos, los trasplantes de tejido fetal, los costes de la sanidad, los aditivos de alimentos, los fármacos para tratar psicomanías, depresiones o esquizofrenia, los derechos de los animales, la superconductividad, las píldoras del día siguiente, las predisposiciones antisociales presuntamente hereditarias, las estaciones espaciales, el viaje a Marte, el hallazgo de remedios para el sida y el cáncer...

¿Cómo podemos incidir en la política nacional —o incluso tomar decisiones inteligentes en nuestras propias vidas— si no podemos captar los temas subyacentes? En el momento de escribir estas páginas, el Congreso está tratando la disolución de su departamento de valoración tecnológica, la única organización con la tarea específica de asesorar a la Casa Blanca y al Senado sobre ciencia y tecnología. Su competencia e integridad a lo largo de los años ha sido ejemplar. De los quinientos treinta y cinco miembros del Congreso de Estados Unidos, por extraño que parezca a finales del siglo XX, sólo el uno por ciento tiene unos antecedentes científicos significativos. El último presidente con preparación científica debió de ser Thomas Jefferson.<sup>2</sup>

¿Cómo deciden esos asuntos los americanos? ¿Cómo instruyen a sus representantes? ¿Quién toma en realidad estas decisiones, y sobre qué base?

---000---

Hipócrates de Cos es el padre de la medicina. Todavía se le recuerda 2500 años después por el Juramento de Hipócrates (del que existe una forma modificada que los estudiantes de medicina pronuncian cuando se licencian).

---

<sup>2</sup> Aunque puede afirmarse lo mismo de Theodore Roosevelt, Herbert Hoover y Jimmy Carter. Gran Bretaña tuvo una primera ministra así con Margaret Thatcher. Sus estudios de química, en parte bajo la tutela de la premio Nobel Dorothy Hodgkins, fueron la clave de la fuerte defensa por parte del Reino Unido de la prohibición mundial del CFC reductor del ozono.



Pero, principalmente, se le recuerda por sus esfuerzos por retirar el manto de superstición de la medicina para llevarla a la luz de la ciencia. En un pasaje típico, Hipócrates escribió: «Los hombres creen que la epilepsia es divina, meramente porque no la pueden entender. Pero si llamasen divino a todo lo que no pueden entender, habría una infinidad de cosas divinas.» En lugar de reconocer que somos ignorantes en muchas áreas, hemos tendido a decir cosas como que el universo está impregnado de lo inefable. Se asigna la responsabilidad de lo que todavía no entendemos a un Dios de lo ignorado. A medida que fue avanzando el conocimiento de la medicina a partir del siglo IV, cada vez era más lo que entendíamos y menos lo que teníamos que atribuir a la intervención divina: tanto en las causas como en el tratamiento de la enfermedad. La muerte en el parto y la mortalidad infantil han disminuido, el tiempo de vida ha aumentado y la medicina ha mejorado la calidad de vida de millones de personas en todo el planeta.

En el diagnóstico de la enfermedad, Hipócrates introdujo elementos del método científico. Exhortaba a la observación atenta y meticulosa: «No dejéis nada a la suerte. Controladlo todo. Combinad observaciones contradictorias. Conceded el tiempo suficiente.» Antes de la invención del termómetro, hizo gráficas de las curvas de temperatura de muchas enfermedades. Recomendó a los médicos que, a partir de los síntomas del momento, intentaran predecir el pasado y el probable curso futuro de cada enfermedad. Daba gran importancia a la honestidad. Estaba dispuesto a admitir las limitaciones del conocimiento del médico. No mostraba ningún recato en confiar a la posteridad que más de la mitad de sus pacientes habían muerto por causa de las enfermedades que él trataba. Sus opciones, desde luego, eran limitadas; los únicos fármacos de que disponía eran principalmente laxantes, eméticos y narcóticos. Se practicaba la cirugía y la cauterización. En los tiempos clásicos se hicieron avances considerables hasta la caída de Roma.

Mientras en el mundo islámico florecía la medicina, en Europa se entró realmente en una edad oscura. Se perdió la mayor parte del conocimiento de anatomía y cirugía. Abundaba la confianza en la oración y las curaciones milagrosas. Desaparecieron los médicos seculares. Se usaban ampliamente cánticos, pociones, horóscopos y amuletos. Se restringieron o ilegalizaron las disecciones de cadáveres, lo que impedía que los que practicaban la medicina adquirieran conocimiento de primera mano del cuerpo humano. La investigación médica llegó a un punto muerto.

Era muy parecido a lo que el historiador Edward Gibbon describió para todo el Imperio oriental, cuya capital era Constantinopla:

En el transcurso de diez siglos no se hizo ni un solo descubrimiento que exaltara la dignidad o promoviera la felicidad de la humanidad. No se había añadido ni una sola idea a los sistemas especulativos de la antigüedad y toda una serie de pacientes discípulos se convirtieron en su momento en los maestros dogmáticos de la siguiente generación servil.

La práctica médica premoderna no logró salvar a muchos ni siquiera en su mejor momento. La reina Ana fue la última Estuardo de Gran Bretaña. En los últimos diecisiete años del siglo XVII se quedó embarazada dieciocho veces. Sólo cinco niños le nacieron vivos. Sólo uno sobrevivió a la infancia. Murió antes de llegar a la edad adulta y antes de la coronación de la reina en 1702. No parece haber ninguna prueba de trastorno genético. Contaba con los mejores cuidados médicos que se podían comprar con dinero.

Las trágicas enfermedades que en otra época se llevaban un número incontable de bebés y niños se han ido reduciendo progresivamente y se curan gracias a la ciencia: por el descubrimiento del mundo de los microbios, por la idea de que médicos y comadronas se lavaran las manos y esterilizaran sus instrumentos, mediante la nutrición, la salud pública y las medidas sanitarias, los antibióticos, fármacos, vacunas, el descubrimiento de la estructura molecular del ADN, la biología molecular y, ahora, la terapia genética. Al menos en el mundo desarrollado, los padres tienen muchas más posibilidades de ver alcanzar la madurez a sus hijos de las que tenía la heredera al trono de una de las naciones más poderosas de la Tierra a finales del siglo XVII. La viruela ha desaparecido del mundo. El área de nuestro planeta infestada de mosquitos transmisores de la malaria se ha reducido de manera espectacular. La esperanza de vida de un niño al que se diagnostica leucemia ha ido aumentando progresivamente año tras año. La ciencia permite que la Tierra pueda alimentar a una cantidad de humanos cientos de veces mayor, y en condiciones mucho menos miserables, que hace unos cuantos miles de años.

Podemos rezar por una víctima del cólera o podemos darle quinientos miligramos de tetraciclina cada doce horas. (Todavía hay una religión, la «ciencia cristiana», que niega la teoría del germen de la enfermedad; si falla la oración, los fieles de esta secta preferirían ver morir a sus hijos antes que darles antibióticos.) Podemos intentar una terapia psicoanalítica casi fútil con el paciente esquizofrénico, o darle de trescientos a quinientos miligramos de clozapina al día. Los tratamientos científicos son cientos o miles de veces más eficaces que los alternativos. (E incluso cuando parece que las alternativas funcionan, no sabemos si realmente han tenido algún papel: Pueden producirse remisiones espontáneas, incluso del cólera y la esquizofrenia, sin oración y sin psicoanálisis.) Abandonar la ciencia significa abandonar mucho más que el aire acondicionado, el aparato de CD, los secadores del pelo y los coches rápidos.

En la época preagrícola, de cazadores-recolectores, la expectativa de vida humana era de veinte a treinta años, la misma que en Europa occidental a finales de la época romana medieval. La media no ascendió a cuarenta años hasta alrededor del año 1870.

Llegó a cincuenta en 1915, sesenta en 1930, setenta en 1955 y hoy se acerca a ochenta (un poco más para las mujeres, un poco menos para los hombres). El resto del mundo sigue los pasos del incremento europeo de la longevidad. ¿Cuál es la causa de esta transición humanitaria asombrosa, sin precedentes? La teoría del germen como causante de la enfermedad, las medidas de salud pública, las medicinas y la tecnología médica. La longevidad quizá sea la mejor medida de la calidad de vida física. (Si uno está muerto, no puede hacer nada para ser feliz.) Es un ofrecimiento muy valioso de la ciencia a la humanidad: nada menos que el don de la vida.

Pero los microorganismos se transforman. Aparecen nuevas enfermedades que se extienden como el fuego. Hay una batalla constante entre medidas microbianas y contramedidas humanas. Nos ponemos a la altura de esta competición no sólo diseñando nuevos fármacos y tratamientos, sino avanzando progresivamente con mayor profundidad en la comprensión de la naturaleza de la vida: una investigación básica.

Si queremos que el mundo escape de las terribles consecuencias del crecimiento de la población global y de los diez mil o doce mil millones de personas en el planeta a finales del siglo XXI, debemos inventar medios seguros y más eficientes de cultivar alimentos, con el consiguiente abastecimiento de semillas, riego, fertilizantes, pesticidas, sistemas de transporte y refrigeración. También se necesitarán métodos contraceptivos ampliamente disponibles y aceptables, pasos significativos hacia la igualdad política de las mujeres y mejoras en las condiciones de vida de los más pobres. ¿Cómo puede conseguirse todo eso sin ciencia y tecnología?

Sé que la ciencia y la tecnología no son simples cornucopias que vierten dones al mundo. Los científicos no sólo concibieron las armas nucleares; también agarraron a los líderes políticos por las solapas para que entendieran que *su* nación —cualquiera que ésta fuera— tenía que ser la primera en tenerlas. Luego fabricaron más de sesenta mil. Durante la guerra fría, los científicos de Estados Unidos, la Unión Soviética, China y otras naciones estaban dispuestos a exponer a sus compatriotas a la radiación —en la mayoría de los casos sin su conocimiento— con el fin de prepararse para la guerra nuclear. Los médicos de Tuskegee, Alabama, engañaron a un grupo de veteranos que creían recibir tratamiento médico para la sífilis, cuando en realidad servían de grupo de control sin tratamiento. Son conocidas las atrocidades perpetradas por los médicos nazis. Nuestra tecnología ha producido la talidomida, el CFC, el agente naranja, el gas nervioso, la contaminación del aire y el agua, la extinción de especies e industrias tan poderosas que pueden arruinar el clima del planeta. Aproximadamente, la mitad de los científicos de la Tierra trabajan al menos a tiempo parcial para los militares. Aunque todavía se ve a algunos científicos como personas

independientes que critican con valentía los males de la sociedad y advierten con antelación de las potenciales catástrofes tecnológicas, también se considera que muchos de ellos son oportunistas acomodaticios o complacientes originadores de beneficios corporativos y armas de destrucción masiva, sin tener en cuenta las consecuencias a largo plazo. Los peligros tecnológicos que plantea la ciencia, su desafío implícito al saber tradicional y la dificultad que se percibe en ella son razones para que alguna gente desconfíe de la ciencia y la evite. Hay una *razón* por la que la gente se pone nerviosa ante la ciencia y la tecnología. De modo que el mundo vive obcecado con la imagen del científico loco: desde los chiflados de bata blanca de los programas infantiles del sábado por la mañana y la plétora de tratos faustianos de la cultura popular, desde el epónimo doctor Fausto en persona al *Dr. Frankenstein*, *Dr. Strangelove* y *Jurassic Park*.

Pero no nos podemos limitar a concluir que la ciencia pone demasiado poder en manos de tecnólogos moralmente débiles o políticos corruptos enloquecidos por el poder y decidir, en consecuencia, prescindir de ella. Los avances en medicina y agricultura han salvado muchas más vidas que las que se han perdido en todas las guerras de la historia.<sup>3</sup> Los avances en transportes, comunicación y espectáculos han transformado y unificado el mundo. En las encuestas de opinión, la ciencia queda clasificada siempre entre las ocupaciones más admiradas y fiables, a pesar de los recelos. La espada de la ciencia es de doble filo. Su temible poder nos impone a todos, incluidos los políticos, pero desde luego especialmente a los científicos, una nueva responsabilidad: más atención a las consecuencias a largo plazo de la tecnología, una perspectiva global y transgeneracional y un incentivo para evitar las llamadas fáciles al nacionalismo y el chauvinismo. El coste de los errores empieza a ser demasiado alto.

---000---

---

<sup>3</sup> Recientemente, en una cena, pregunté a los comensales reunidos —cuya edad calculo que iba de los treinta a los sesenta— cuántos de ellos estarían vivos si no hubieran existido los antibióticos, marcapasos y el resto de la parafernalia de la medicina moderna. Sólo uno levantó la mano. No era yo.

¿Nos interesa la verdad? ¿Tiene alguna importancia?

... donde la ignorancia es una bendición es una locura ser sabio,

escribió el poeta Thomas Gray. Pero ¿es así? Edmund Way Teale, en su libro de 1950 *Círculo de las estaciones*, planteó mejor el dilema:

Moralmente es tan malo no querer saber si algo es verdad o no, siempre que permita sentirse bien, como lo es no querer saber cómo se gana el dinero siempre que se consiga.

Por ejemplo, es descorazonador descubrir la corrupción y la incompetencia del gobierno, pero ¿es mejor no saber nada de ello? ¿A qué intereses sirve la ignorancia? Si los humanos tenemos, por ejemplo, una propensión hereditaria al odio a los forasteros, ¿no es el autoconocimiento el único antídoto? Si ansiamos creer que las estrellas salen y se ponen para nosotros, que somos la razón por la que hay un universo, ¿es negativo el servicio que nos presta la ciencia para rebajar nuestras expectativas?

En *La genealogía de la moral*, Friedrich Nietzsche, como tantos antes y después, critica el «progreso ininterrumpido en la autodesvalorización del hombre» causado por la revolución científica. Nietzsche lamenta la pérdida de la «creencia del hombre en su dignidad, su unicidad, su insustituibilidad en el esquema de la existencia». Para mí es mucho mejor captar el universo como es en realidad que persistir en el engaño, por muy satisfactorio y reconfortante que sea. ¿Qué actitud es la que nos equipa mejor para sobrevivir a largo plazo? ¿Qué nos da una mayor influencia en nuestro futuro? Y si nuestra ingenua autoconfianza queda un poco socavada en el proceso, ¿es tan grande la pérdida, en realidad? ¿No hay motivo para darle la bienvenida como una experiencia que hace madurar e imprime carácter?

Descubrir que el universo tiene de ocho mil a quince mil millones de años y no de seis mil a doce mil<sup>4</sup> mejora nuestra apreciación de su alcance y grandeza; mantener la idea de que somos una disposición particularmente compleja de átomos y no una especie de hálito de divinidad, aumenta cuando menos nuestro respeto por los átomos; descubrir, como ahora parece posible, que nuestro planeta es uno de los miles de millones de otros mundos en la galaxia de la Vía Láctea y que nuestra galaxia es una entre miles de millones

---

<sup>4</sup> «Ninguna persona religiosa lo cree», escribe uno de los consultores de este libro. Pero muchos «científicos creacionistas» no sólo lo creen, sino que realizan esfuerzos cada vez más agresivos y exitosos para que se enseñe en las escuelas, museos, zoológicos y libros de texto. ¿Por qué? Porque sumando las «genealogías», las edades de los patriarcas y otros en la Biblia, se alcanza esta cifra, y la Biblia es «inequívoca».

más, agranda majestuosamente el campo de lo posible; encontrar que nuestros antepasados también eran los ancestros de los monos nos vincula al resto de seres vivos y da pie a importantes reflexiones —aunque a veces lamentables— sobre la naturaleza humana.

Sencillamente, no hay vuelta atrás. Nos guste o no, estamos atados a la ciencia. Lo mejor sería sacarle el máximo provecho. Cuando finalmente lo aceptemos y reconozcamos plenamente su belleza y poder, nos encontraremos con que, tanto en asuntos espirituales como prácticos; salimos ganando.

Pero la superstición y la pseudociencia no dejan de interponerse en el camino para distraer a todos los «Buckiey» que hay entre nosotros, proporcionar respuestas fáciles, evitar el escrutinio escéptico, apelar a nuestros temores y devaluar la experiencia, convirtiéndonos en practicantes rutinarios y cómodos además de víctimas de la credulidad. Sí, el mundo *sería* más interesante si hubiera ovnis al acecho en las aguas profundas de las Bermudas tragándose barcos y aviones, o si los muertos pudieran hacerse con el control de nuestras manos y escribirnos mensajes. Sería fascinante que los adolescentes fueran capaces de hacer saltar el auricular del teléfono de su horquilla sólo con el pensamiento, o que nuestros sueños pudieran predecir acertadamente el futuro con mayor asiduidad que la que puede explicarse por la casualidad y nuestro conocimiento del mundo.

Todo eso son ejemplos de pseudociencia. Pretenden utilizar métodos y descubrimientos de la ciencia, mientras que en realidad son desleales a su naturaleza, a menudo porque se basan en pruebas insuficientes o porque ignoran claves que apuntan en otra dirección. Están infestados de credulidad. Con la cooperación desinformada (y a menudo la connivencia cínica) de periódicos, revistas, editores, radio, televisión, productores de cine y similares, esas ideas se encuentran fácilmente en todas partes. Mucho más difíciles de encontrar, como pude constatar en mi encuentro con el señor «Buckiey», son los descubrimientos alternativos más desafiantes e incluso más asombrosos de la ciencia.

La pseudociencia es más fácil de inventar que la ciencia, porque hay una mayor disposición a evitar confrontaciones perturbadoras con la realidad que no permiten controlar el resultado de la comparación. Los niveles de argumentación, lo que pasa por pruebas, son mucho más relajados. En parte por las mismas razones, es mucho más fácil presentar al público en general la pseudociencia que la ciencia. Pero eso no basta para explicar su popularidad.

Naturalmente, la gente prueba distintos sistemas de creencias para ver si le sirven. Y, si estamos muy desesperados, todos llegamos a estar de lo más dispuestos a abandonar lo que podemos percibir como una pesada carga de escepticismo. La pseudociencia colma necesidades emocionales poderosas

que la ciencia suele dejar insatisfechas. Proporciona fantasías sobre poderes personales que nos faltan y anhelamos (como los que se atribuyen a los superhéroes de los cómics hoy en día, y anteriormente a los dioses). En algunas de sus manifestaciones ofrece una satisfacción del hambre espiritual, la curación de las enfermedades, la promesa de que la muerte no es el fin. Nos confirma nuestra centralidad e importancia cósmica. Asegura que estamos conectados, vinculados, al universo.<sup>5</sup> A veces es una especie de hogar a medio camino entre la antigua religión y la nueva ciencia, del que ambas desconfían.

En el corazón de alguna pseudociencia (y también de alguna religión antigua o de la «Nueva Era») se encuentra la idea de que el deseo lo convierte casi todo en realidad. Qué satisfactorio sería, como en los cuentos infantiles y leyendas folclóricas, satisfacer el deseo de nuestro corazón sólo deseándolo. Qué seductora es esta idea, especialmente si se compara con el trabajo y la suerte que se suele necesitar para colmar nuestras esperanzas. El pez encantado o el genio de la lámpara nos concederán tres deseos: lo que queramos, excepto más deseos. ¿Quién no ha pensado —sólo por si acaso, sólo por si nos encontramos o rozamos accidentalmente una vieja lámpara de hierro— qué pediría?

Recuerdo que en las tiras de cómic y libros de mi infancia salía un mago con sombrero y bigote que blandía un bastón de ébano. Se llamaba Zatará. Era capaz de provocar cualquier cosa, lo que fuera. ¿Cómo lo hacía? Fácil. Daba sus órdenes al revés. O sea, si quería un millón de dólares, decía «seralód ed nóllim, nú emad». Con eso bastaba. Era como una especie de oración, pero con resultados mucho más seguros.

A los ocho años dediqué mucho tiempo a experimentar de esta guisa, dando órdenes a las piedras para que se elevasen: «etavéle, ardeip». Nunca funcionó. Decidí que era culpa de mi pronunciación.

---000---

Podría afirmarse que se abraza la pseudociencia en la misma proporción que se comprende mal la ciencia real... sólo que aquí acaba la comparación. Si uno nunca ha oído hablar de ciencia (por no hablar de su funcionamiento), difícilmente será consciente de estar abrazando la pseudociencia. Simplemente, estará pensando de una de las maneras que han

---

<sup>5</sup> Aunque para mí es difícil ver una conexión cósmica más profunda que los asombrosos descubrimientos de la astrofísica nuclear moderna: excepto el hidrógeno, todos los átomos que nos configuran —el hierro de nuestra sangre, el calcio de nuestros huesos, el carbón de nuestro cerebro— fueron fabricados en estrellas gigantes rojas a una distancia de miles de años luz en el espacio y hace miles de millones de años en el tiempo. Somos, como me gusta decir, materia estelar.

pensado siempre los humanos. Las religiones suelen ser los viveros de protección estatal de la pseudociencia, aunque no hay razón para que tengan que representar este papel. En cierto modo es un dispositivo procedente de tiempos ya pasados. En algunos países, casi todo el mundo cree en la astrología y la adivinación, incluyendo los líderes gubernamentales. Pero eso no se les ha inculcado sólo a través de la religión; deriva de la cultura que los rodea, en la que todo el mundo se siente cómodo con estas prácticas y se encuentran testimonios que lo afirman en todas partes.

La mayoría de los casos a los que me refiero en este libro son norteamericanos... porque son los que conozco mejor, no porque la pseudociencia y el misticismo tengan mayor incidencia en Estados Unidos que en otra parte. Uri Geller, doblador de cucharas y psíquico que se comunica con extraterrestres, saluda desde Israel. A medida que crecen las tensiones entre los secularistas argelinos y los fundamentalistas musulmanes aumenta el número de gente que consulta discretamente a los diez mil adivinos y clarividentes (de los que cerca de la mitad operan con licencia del gobierno). Altos cargos franceses, incluido un antiguo presidente de la República, ordenaron la inversión de millones de dólares en una patraña (el escándalo Elf-Aquitaine) para encontrar nuevas reservas de petróleo desde el aire. En Alemania hay preocupación por los «rayos de la Tierra» carcinógenos que la ciencia no detecta; sólo pueden ser captados por experimentados zahones blandiendo sus palos ahorquillados. En las Filipinas florece la «cirugía psíquica». Los fantasmas son una obsesión nacional en Gran Bretaña. Desde la segunda guerra mundial, en Japón han aparecido una enorme cantidad de nuevas religiones que prometen lo sobrenatural. El número estimado de adivinos que prosperan en el Japón es de cien mil, con una clientela mayoritaria de mujeres jóvenes. Aum Shirikyo, una secta que se supone implicada en la fuga de gas nervioso sarín en el metro de Tokyo en marzo de 1995, cuenta entre sus principales dogmas con la levitación, la curación por la fe y la percepción extrasensorial (PES). Los seguidores bebían, a un alto precio, el agua del «estanque milagroso»... del baño de Asahara, su líder. En Tailandia se tratan enfermedades con pastillas fabricadas con Escrituras Sagradas pulverizadas. Todavía hoy se quemaban «brujas» en Sudáfrica. Las fuerzas australianas que mantienen la paz en Haití rescatan a una mujer atada a un árbol; está acusada de volar de tejado en tejado y chupar la sangre a los niños. En la India abunda la astrología, la geomancia está muy extendida en China.

Quizá la pseudociencia global reciente de más éxito —según muchos criterios, ya una religión— es la doctrina hindú de la meditación trascendental (MT). Las soporíferas homilías de su fundador y líder espiritual, el Maharishi Mahesh Yogi, se pueden seguir por televisión.



Sentado en posición de yogui, con sus cabellos blancos veteados de negro, rodeado de guiraldas y ofrendas florales, su aspecto es imponente. Un día, cambiando de canales, nos encontramos con esta cara. «¿Sabéis quién es?», preguntó nuestro hijo de cuatro años. «Dios.» La organización mundial de MT tiene una valoración estimada de tres mil millones de dólares. Previo pago de una tasa, prometen que a través de la meditación pueden hacer que uno atravesase paredes, se vuelva invisible y vuele. Pensando al unísono, según dicen, han reducido el índice de delitos en Washington, D.C. y han provocado el colapso de la Unión Soviética, entre otros milagros seculares. No se ha ofrecido la más mínima prueba real de tales afirmaciones. MT vende medicina popular, dirige compañías comerciales, clínicas médicas y universidades de «investigación», y ha hecho una incursión sin éxito en la política. Con su líder de extraño carisma, su promesa de comunidad y el ofrecimiento de poderes mágicos a cambio de dinero y una fe ferviente, es el paradigma de muchas pseudociencias comercializadas para la exportación sacerdotal.

Cada vez que se renuncia a los controles civiles y a la educación científica se produce otro pequeño tirón de la pseudociencia.

Liev Trotski lo describió refiriéndose a Alemania en vísperas de la toma del poder por parte de Hitler (pero la descripción podría haberse aplicado igualmente a la Unión Soviética de 1933):

No sólo en las casas de los campesinos, sino también en los rascacielos de la ciudad, junto al siglo XX convive el XIII. Cien millones de personas usan la electricidad y creen todavía en los poderes mágicos de los signos y exorcismos... Las estrellas de cine acuden a médiums. Los aviadores que pilotan milagrosos mecanismos creados por el genio del hombre llevan amuletos en la chaqueta. ¡Qué inagotable reserva de oscuridad, ignorancia y salvajismo poseen!

Rusia es un caso instructivo. En la época de los zares se estimulaba la superstición religiosa, pero se suprimió sin contemplaciones el pensamiento científico y escéptico, sólo permitido a unos cuantos científicos adiestrados. Con el comunismo se suprimieron sistemáticamente la religión y la pseudociencia... excepto la superstición de la religión ideológica estatal. Se presentaba como científica, pero estaba tan lejos de este ideal como el culto misterioso menos provisto de autocritica. Se consideraba un peligro el pensamiento crítico —excepto por parte de los científicos en compartimentos de conocimiento herméticamente aislados—, no se enseñaba en las escuelas y se castigaba cuando alguien lo expresaba. Como resultado, con el poscomunismo, muchos rusos contemplan la ciencia con sospecha. Al levantar la tapa, como ocurrió con los virulentos odios étnicos, salió a la

superficie lo que hasta entonces había estado hirviendo por debajo de ella. Ahora toda la zona está inundada de ovnis, *poltergeist*, sanadores, curanderos, aguas mágicas y antiguas supersticiones. Un asombroso declive de la expectativa de vida, el aumento de la mortalidad infantil, las violentas epidemias de enfermedades, las condiciones sanitarias por debajo del mínimo y la ignorancia de la medicina preventiva se unen para elevar el umbral a partir del cual se dispara el escepticismo de una población cada vez más desesperada. En el momento de escribir estas líneas, el miembro más popular y más votado de la Duma, un importante defensor del ultranacionalista Vladimir Zhirinovski, es un tal Anatoli Kashpriovski: un curandero que, a distancia, con la luz deslumbrante de su rostro en la pantalla del televisor, cura enfermedades que van desde una hernia hasta el sida. Su cara pone en funcionamiento relojes estropeados.

Existe una situación más o menos análoga en China. Después de la muerte de Mao Zedong y la gradual emergencia de una economía de mercado, aparecieron los ovnis, la canalización y otros ejemplos de pseudociencia Occidental, junto con prácticas chinas tan antiguas como la adoración de los ancestros, la astrología y las adivinaciones, especialmente la versión que consiste en arrojar unas ramitas de milenrama y examinar los viejos hexagramas del *I Ching*. El periódico del gobierno lamentaba que «la superstición de la ideología feudal cobre nueva vida en nuestro país». Era (y sigue siendo) un mal principalmente rural, no urbano.

Los individuos con «poderes especiales» atraían a gran número de seguidores. Según decían, podían proyectar Qi, el «campo de energía del universo», desde su cuerpo para cambiar la estructura molecular de un producto químico a dos mil kilómetros de distancia, comunicarse con extraterrestres, curar enfermedades. Algunos pacientes murieron bajo los cuidados de uno de esos «maestros de Qi Gong», que fue arrestado y condenado en 1993. Wang Hong-cheng, un aficionado a la química, afirmaba haber sintetizado un líquido que, si se añadía al agua en pequeñas cantidades, la convertía en gasolina o un equivalente. Durante un tiempo recibió fondos del ejército y la policía secreta pero, cuando se constató que su invento era una patraña, fue arrestado y encarcelado. Naturalmente, se propagó la historia de que su desgracia no era producto del fraude sino de su negativa a revelar la «fórmula secreta» al gobierno. (En Norteamérica han circulado historias similares durante décadas, normalmente con la sustitución del papel del gobierno por el de una compañía petrolera o automovilística importante.) Se está llevando a los rinocerontes asiáticos a la extinción porque dicen que sus cuernos, pulverizados, previenen la impotencia; el mercado abarca todo el este de Asia.

El gobierno de China y el Partido Comunista chino estaban alarmados por estas tendencias. El 5 de diciembre de 1994 emitieron una declaración conjunta que decía, entre otras cosas:

Se ha debilitado la educación pública en temas científicos en años recientes. Al mismo tiempo han ido creciendo actividades de superstición e ignorancia y se han hecho frecuentes los casos de anticiencia y pseudociencia. En consecuencia, se deben aplicar medidas eficaces lo antes posible para fortalecer la educación pública en la ciencia. El nivel de educación pública en ciencia y tecnología es una señal importante del logro científico nacional. Es un asunto de la mayor importancia en el desarrollo económico, avance científico y progreso de la sociedad. Debemos prestar atención y potenciar esta educación pública como parte de la estrategia de modernización de nuestro país socialista para conseguir una nación poderosa y próspera. La ignorancia, como la pobreza, nunca es socialista.

Así pues, la pseudociencia en Estados Unidos es parte de una tendencia global. Sus causas, peligros, diagnóstico y tratamiento son iguales en todas partes. Aquí, los psíquicos venden sus servicios en largos anuncios de televisión con el respaldo personal de los presentadores. Tienen su canal propio, el Psychic Friends Network, con un millón de abonados anuales que lo usan como guía en su vida cotidiana. Hay una especie de astrólogo- adivino-psíquico dispuesto a aconsejar a altos ejecutivos de grandes corporaciones, analistas financieros, abogados y banqueros sobre cualquier tema. «Si la gente supiera cuántas personas, especialmente entre los más ricos y poderosos, van a los psíquicos, se quedaría con la boca abierta para siempre», dice un psíquico de Cleveland, Ohio. Tradicionalmente, la realeza ha sido vulnerable a los fraudes psíquicos. En la antigua China y en Roma la astrología era propiedad exclusiva del emperador; cualquier uso privado de este poderoso arte se consideraba una ofensa capital. Procedentes de una cultura del sur de California particularmente crédula, Nancy y Ronald Reagan consultaban a un astrólogo para temas privados y públicos, sin que los votantes tuvieran conocimiento de ello. Parte del proceso de toma de decisiones que influyen en el futuro de nuestra civilización está sencillamente en manos de charlatanes. De todas formas, la práctica es relativamente baja en América; su extensión es mundial.

---000---

Por divertida que pueda parecer la pseudociencia, por mucho que confiemos en que nunca seremos tan crédulos como para que nos afecte una doctrina así, sabemos que está ocurriendo a nuestro alrededor. La Meditación

Trascendental y Aum Shin-rikyo parecen haber atraído a gran número de personas competentes, algunas con títulos avanzados de física o ingeniería. No son doctrinas para mentecatos. Hay algo más.

Más aún, nadie que esté interesado en lo que son las religiones y cómo empiezan puede ignorarlas. Aunque parece que se alzan amplias barreras entre una opinión local pseudocientífica y algo así como una religión mundial, los tabiques de separación son muy delgados. El mundo nos presenta problemas casi insuperables. Se ofrece una amplia variedad de soluciones, algunas de visión mundial muy limitada, otras de un alcance portentoso. En la habitual selección natural darwiniana de las doctrinas, algunas resisten durante un tiempo, mientras la mayoría se desvanecen rápidamente. Pero unas pocas —a veces, como ha mostrado la historia, las más descuidadas y menos atractivas de entre ellas— pueden tener el poder de cambiar profundamente la historia del mundo.

El continuum que va de la ciencia mal practicada, la pseudociencia y la superstición (antigua y de la «Nueva Era») hasta la respetable religión basada en la revelación es confuso. Intento no utilizar la palabra «culto» en este libro en el sentido habitual de una religión que desagrada al que habla. Sólo pretendo llegar a la piedra angular del conocimiento: ¿saben realmente lo que afirman saber? Todo el mundo, por lo visto, tiene una opinión relevante.

En algunos pasajes de este libro me mostraré crítico con los excesos de la teología, porque en los extremos es difícil distinguir la pseudociencia de la religión rígida y doctrinaria. Sin embargo, quiero reconocer de entrada la diversidad y complejidad prodigiosa del pensamiento y práctica religiosa a lo largo de los siglos, el crecimiento de la religión liberal y de la comunidad ecuménica en el último siglo y el hecho de que —como en la Reforma protestante, el ascenso del judaísmo de la Reforma, el Vaticano II y el llamado alto criticismo de la Biblia— la religión ha luchado (con distintos niveles de éxito) contra sus propios excesos. Pero, igual que muchos científicos parecen reacios a debatir o incluso comentar públicamente la pseudociencia, muchos defensores de las religiones principales se resisten a enfrentarse a conservadores ultras y fundamentalistas. Si se mantiene la tendencia, a la larga el campo es suyo; pueden ganar el debate por incomparecencia del contrario.

Un líder religioso me escribe sobre su anhelo de «integridad disciplinada» en la religión:

Nos hemos vuelto demasiado sentimentales... La devoción extrema y la psicología barata por un lado, y la arrogancia e intolerancia dogmática por el otro, distorsionan la auténtica vida religiosa hasta hacerla irreconocible. A veces casi rozo la desesperación, pero también vivo con tenacidad y siempre

con esperanza... La religión sincera, más familiar que sus críticos con las distorsiones y absurdidades perpetradas en su nombre, tiene un interés activo en alentar un escepticismo saludable para sus propósitos... Existe la posibilidad de que la religión y la ciencia forjen una relación poderosa contra la pseudociencia. Por extraño que parezca, creo que pronto se unirán para oponerse a la pseudoreligión.

La pseudociencia es distinta de la ciencia errónea. La ciencia avanza con los errores y los va eliminando uno a uno. Se llega continuamente a conclusiones falsas, pero se formulan hipotéticamente. Se plantean hipótesis de modo que puedan refutarse. Se confronta una sucesión de hipótesis alternativas mediante experimento y observación. La ciencia anda a tientas y titubeando hacia una mayor comprensión. Desde luego, cuando se descarta una hipótesis científica se ven afectados los sentimientos de propiedad, pero se reconoce que este tipo de refutación es el elemento central de la empresa científica.

La pseudociencia es justo lo contrario. Las hipótesis suelen formularse precisamente de modo que sean invulnerables a cualquier experimento que ofrezca una posibilidad de refutación, por lo que en principio no pueden ser invalidadas. Los practicantes se muestran cautos y a la defensiva. Se oponen al escrutinio escéptico. Cuando la hipótesis de los pseudocientíficos no consigue cuajar entre los científicos se alegan conspiraciones para suprimirla.

La capacidad motora en la gente sana es casi perfecta. Raramente tropezamos o caemos, excepto de pequeños o en la vejez. Aprendemos tareas como montar en bicicleta, patinar, saltar a la comba o conducir un coche y conservamos este dominio para toda la vida. Aunque estemos una década sin practicarlo, no nos cuesta ningún esfuerzo recuperarlo. La precisión y retención de nuestras habilidades motoras, sin embargo, nos da un falso sentido de confianza en nuestros otros talentos. Nuestras percepciones son falibles. A veces vemos lo que no existe. Somos víctimas de ilusiones ópticas. En ocasiones alucinamos. Tendemos a cometer errores. Un libro francamente ilustrativo, titulado *Cómo sabemos que no es así: la falibilidad de la razón humana en la vida cotidiana*, de Thomas Gilovich, muestra cómo la gente yerra sistemáticamente en la comprensión de números, cómo rechaza las pruebas desagradables, cómo le influyen las opiniones de otros. Somos buenos en algunas cosas, pero no en todo. La sabiduría radica en comprender nuestras limitaciones. «Porque el hombre es una criatura atolondrada», nos enseña William Shakespeare. Aquí es donde entra el puntilloso rigor escéptico de la ciencia.

Quizá la distinción más clara entre la ciencia y la pseudociencia es que la primera tiene una apreciación mucho más comprensiva de las

imperfecciones humanas y la falibilidad que la pseudociencia (o revelación «inequívoca»). Si nos negamos categóricamente a reconocer que somos susceptibles de cometer un error, podemos estar seguros de que el error — incluso un error grave, una equivocación profunda— nos acompañará siempre. Pero si somos capaces de evaluarnos con un poco de coraje, por muy lamentables que sean las reflexiones que podamos engendrar, nuestras posibilidades mejoran enormemente.

Si nos limitamos a mostrar los descubrimientos y productos de la ciencia —no importa lo útiles y hasta inspiradores que puedan ser— sin comunicar su método crítico, ¿cómo puede distinguir el ciudadano medio entre ciencia y pseudociencia? Ambas se presentan como afirmación sin fundamento. En Rusia y China solía ser fácil. La ciencia autorizada era la que enseñaban las autoridades. La distinción entre ciencia y pseudociencia se hacía a medida. No hacía falta explicar las dudas. Pero en cuanto se produjeron cambios políticos profundos y se liberaron las restricciones del libre pensamiento hubo una serie de afirmaciones seguras o carismáticas — especialmente las que nos decían lo que queríamos oír— que consiguieron muchos seguidores. Cualquier idea, por improbable que fuera, conseguía autoridad.

Para el divulgador de la ciencia es un desafío supremo aclarar la historia actual y tortuosa de sus grandes descubrimientos y equivocaciones, y la testarudez ocasional de sus practicantes en su negativa a cambiar de camino. Muchos, quizá la mayoría de los libros de texto de ciencias para científicos en ciernes, lo abordan con ligereza. Es mucho más fácil presentar de modo atractivo la sabiduría destilada durante siglos de interrogación paciente y colectiva sobre la naturaleza que detallar el complicado aparato de destilación. El método, aunque sea indigesto y espeso, es mucho más importante que los descubrimientos de la ciencia.

**CAPITULO 2**

---

CIENCIA

Y

ESPERANZA

Dos hombres llegaron a un agujero  
en el cielo. Uno le pidió al otro  
que le ayudara a subir...  
Pero el cielo era tan bonito que el hombre  
que miraba por encima del margen;  
lo olvidó todo, olvidó a su compañero al  
que había prometido ayudar y salió  
corriendo hacia todo el esplendor del  
cielo.

De un poema en prosa inuit iglulik  
de principios del siglo XX,  
contado por Inugpasugjuk  
a Knud Rasmussen,  
el explorador ártico de Groenlandia



Yo fui niño en una época de esperanza. Quise ser científico desde mis primeros días de escuela. El momento en que cristalizó mi deseo llegó cuando capté por primera vez que las estrellas eran soles poderosos, cuando constaté lo increíblemente lejos que debían de estar para aparecer como simples puntos de luz en el cielo. No estoy seguro de que entonces supiera siquiera el significado de la palabra «ciencia», pero de alguna manera quería sumergirme en toda su grandeza. Me llamaba la atención el esplendor del universo, me fascinaba la perspectiva de comprender cómo funcionan realmente las cosas, de ayudar a descubrir misterios profundos, de explorar nuevos mundos... quizá incluso literalmente. He tenido la suerte de haber podido realizar este sueño al menos en parte. Para mí, el romanticismo de la ciencia sigue siendo tan atractivo y nuevo como lo fuera aquel día, hace más de medio siglo, que me enseñaron las maravillas de la Feria Mundial de 1939.

Popularizar la ciencia —intentar hacer accesibles sus métodos y descubrimientos a los no científicos— es algo que viene a continuación, de manera natural e inmediata. *No* explicar la ciencia me parece perverso. Cuando uno se enamora, quiere contarlo al mundo. Este libro es una declaración personal que refleja mi relación de amor de toda la vida con la ciencia.

Pero hay otra razón: la ciencia es más que un cuerpo de conocimiento, es una manera de pensar. Preveo cómo será la América de la época de mis hijos o nietos: Estados Unidos será una economía de servicio e información; casi todas las industrias manufactureras clave se habrán desplazado a otros países; los temibles poderes tecnológicos estarán en manos de unos pocos y nadie que represente el interés público se podrá acercar siquiera a los asuntos importantes; la gente habrá perdido la capacidad de establecer sus prioridades o de cuestionar con conocimiento a los que ejercen la autoridad; nosotros, aferrados a nuestros cristales y consultando nerviosos nuestros horóscopos, con las facultades críticas en declive, incapaces de discernir entre lo que nos hace sentir bien y lo que es

cierto, nos iremos deslizando, casi sin darnos cuenta, en la superstición y la oscuridad.

La caída en la estupidez de Norteamérica se hace evidente principalmente en la lenta decadencia del contenido de los medios de comunicación, de enorme influencia, las cuñas de sonido de treinta segundos (ahora reducidas a diez o menos), la programación de nivel ínfimo, las crédulas presentaciones de pseudociencia y superstición, pero sobre todo en una especie de celebración de la ignorancia. En estos momentos, la película en vídeo que más se alquila en Estados Unidos es *Dumb and Dumber*. Beavis y Butthead siguen siendo populares (e influyentes) entre los jóvenes espectadores de televisión. La moraleja más clara es que el estudio y el conocimiento —no sólo de la ciencia, sino de cualquier cosa— son prescindibles, incluso indeseables.

Hemos preparado una civilización global en la que los elementos más cruciales —el transporte, las comunicaciones y todas las demás industrias; la agricultura, la medicina, la educación, el ocio, la protección del medio ambiente, e incluso la institución democrática clave de las elecciones— dependen profundamente de la ciencia y la tecnología. También hemos dispuesto las cosas de modo que nadie entienda la ciencia y la tecnología. Eso es una garantía de desastre. Podríamos seguir así una temporada pero, antes o después, esta mezcla combustible de ignorancia y poder nos explotará en la cara.

*Una vela en la oscuridad* es el título de un libro valiente, con importante base bíblica, de Thomas Ady, publicado en Londres en 1656, que ataca la caza de brujas que se realizaba entonces como una patraña «para engañar a la gente». Cualquier enfermedad o tormenta, cualquier cosa fuera de lo ordinario, se atribuía popularmente a la brujería. Las brujas deben existir: Ady citaba el argumento de los «traficantes de brujas»: «¿cómo si no existirían, o llegarían a ocurrir esas cosas?» Durante gran parte de nuestra historia teníamos tanto miedo del mundo exterior, con sus peligros impredecibles, que nos abrazábamos con alegría a cualquier cosa que prometiera mitigar o explicar el terror. La ciencia es un intento, en gran medida logrado, de entender el mundo, de conseguir un control de las cosas, de alcanzar el dominio de nosotros mismos, de dirigirnos hacia un camino seguro. La microbiología y la meteorología explican ahora lo que hace sólo unos siglos se consideraba causa suficiente para quemar a una mujer en la hoguera.

Ady también advertía del peligro de que «las naciones perezcan por falta de conocimiento». La causa de la miseria humana evitable no suele ser tanto la estupidez como la ignorancia, particularmente la ignorancia de nosotros mismos. Me preocupa, especialmente ahora que se acerca el fin del

milenio, que la pseudociencia y la superstición se hagan más tentadoras de año en año, el canto de sirena más sonoro y atractivo de la insensatez. ¿Dónde hemos oído eso antes? Siempre que afloran los prejuicios étnicos o nacionales, en tiempos de escasez, cuando se desafía a la autoestima o vigor nacional, cuando sufrimos por nuestro insignificante papel y significado cósmico o cuando hierve el fanatismo a nuestro alrededor, los hábitos de pensamiento familiares de épocas antiguas toman el control.

La llama de la vela parpadea. Tiembla su pequeña fuente de luz. Aumenta la oscuridad. Los demonios empiezan a agitarse.

---000---

Es mucho lo que la ciencia no entiende, quedan muchos misterios todavía por resolver. En un universo que abarca decenas de miles de millones de años luz y de unos diez o quince miles de millones de años de antigüedad, quizá siempre será así. Tropezamos constantemente con sorpresas. Sin embargo, algunos escritores y religiosos de la «Nueva Era» afirman que los científicos creen que «lo que ellos encuentran es todo lo que existe». Los científicos pueden rechazar revelaciones místicas de las que no hay más prueba que lo que dice alguien, pero es difícil que crean que su conocimiento de la naturaleza es completo.

La ciencia está lejos de ser un instrumento de conocimiento perfecto. Simplemente, es el mejor que tenemos. En este sentido, como en muchos otros, es como la democracia. La ciencia por sí misma no puede apoyar determinadas acciones humanas, pero sin duda puede iluminar las posibles consecuencias de acciones alternativas.

La manera de pensar científica es imaginativa y disciplinada al mismo tiempo. Ésta es la base de su éxito. La ciencia nos invita a aceptar los hechos, aunque no se adapten a nuestras ideas preconcebidas. Nos aconseja tener hipótesis alternativas en la cabeza y ver cuál se adapta mejor a los hechos. Nos insta a un delicado equilibrio entre una apertura sin barreras a las nuevas ideas, por muy heréticas que sean, y el escrutinio escéptico más riguroso: nuevas ideas y sabiduría tradicional. Esta manera de pensar también es una herramienta esencial para una democracia en una era de cambio.

Una de las razones del éxito de la ciencia es que tiene un mecanismo incorporado que corrige los errores en su propio seno. Quizá algunos consideren esta caracterización demasiado amplia pero, para mí, cada vez que ejercemos la autocrítica, cada vez que comprobamos nuestras ideas a la luz del mundo exterior, estamos haciendo ciencia. Cuando somos autoindulgentes y acrílicos, cuando confundimos las esperanzas con los hechos, caemos en la pseudociencia y la superstición.

Cada vez que un estudio científico presenta algunos datos, va acompañado de un margen de error: un recordatorio discreto pero insistente de que ningún conocimiento es completo o perfecto. Es una forma de medir la confianza que tenemos en lo que creemos saber. Si los márgenes de error son pequeños, la precisión de nuestro conocimiento empírico es alta; si son grandes, también lo es la incertidumbre de nuestro conocimiento. Excepto en matemática pura, nada se sabe seguro (aunque, con toda seguridad, mucho es falso).

Además, los científicos suelen ser muy cautos al establecer la condición verídica de sus intentos de entender el mundo —que van desde conjeturas e hipótesis, que son provisionales, hasta las leyes de la naturaleza, repetida y sistemáticamente confirmadas a través de muchos interrogantes acerca del funcionamiento del mundo. Pero ni siquiera las leyes de la naturaleza son absolutamente ciertas. Puede haber nuevas circunstancias nunca examinadas antes —sobre los agujeros negros, por ejemplo, o dentro del electrón, o acerca de la velocidad de la luz— en las que incluso nuestras loadas leyes de la naturaleza fallan y, por muy válidas que puedan ser en circunstancias ordinarias, necesitan corrección.

Los humanos podemos desear la certeza absoluta, aspirar a ella, pretender como hacen los miembros de algunas religiones que la hemos logrado. Pero la historia de la ciencia —sin duda la afirmación de conocimiento accesible a los humanos de mayor éxito— nos enseña que lo máximo que podemos esperar es, a través de una mejora sucesiva de nuestra comprensión, aprendiendo de nuestros errores, tener un enfoque asintótico del universo, pero con la seguridad de que la certeza absoluta siempre se nos escapará.

Siempre estaremos sujetos al error. Lo máximo que puede esperar cada generación es reducir un poco el margen de error y aumentar el cuerpo de datos al que se aplica. El margen de error es una autovaloración penetrante, visible, de la fiabilidad de nuestro conocimiento. Se puede ver a menudo el margen de error en encuestas de opinión pública («una inseguridad de más o menos tres por ciento», por ejemplo). Imaginemos una sociedad en la que todo discurso en el Parlamento, todo anuncio de televisión, todo sermón fuera acompañado de un margen de error o su equivalente.

Uno de los grandes mandamientos de la ciencia es: «Desconfía de los argumentos que proceden de la autoridad.» (Desde luego, los científicos, siendo primates y dados por tanto a las jerarquías de dominación, no siempre siguen este mandamiento.) Demasiados argumentos de este tipo han resultado ser dolorosamente erróneos. Las autoridades deben demostrar sus opiniones como todos los demás. Esta independencia de la ciencia, su reluctancia

ocasional a aceptar la sabiduría convencional, la hace peligrosa para doctrinas menos autocríticas o con pretensiones de certidumbre.

Como la ciencia nos conduce a la comprensión de cómo es el mundo y no de cómo desearíamos que fuese, sus descubrimientos pueden no ser inmediatamente comprensibles o satisfactorios en todos los casos. Puede costar un poco de trabajo reestructurar nuestra mente. Parte de la ciencia es muy simple. Cuando se complica suele ser porque el mundo es complicado, o porque *nosotros somos* complicados. Cuando nos alejamos de ella porque parece demasiado difícil (o porque nos la han enseñado mal) abandonamos la posibilidad de responsabilizarnos de nuestro futuro. Se nos priva de un derecho. Se erosiona la confianza en nosotros mismos.

Pero cuando atravesamos la barrera, cuando los descubrimientos y métodos de la ciencia llegan hasta nosotros, cuando entendemos y ponemos en uso este conocimiento, muchos de nosotros sentimos una satisfacción profunda. A todo el mundo le ocurre eso, pero especialmente a los niños, que nacen con afán de conocimiento, conscientes de que deben vivir en un futuro moldeado por la ciencia, pero a menudo convencidos en su adolescencia de que la ciencia no es para ellos. Sé por experiencia, tanto por habérmela explicado a mí como por mis intentos de explicarla a otros, lo gratificante que es cuando conseguimos entenderla, cuando los términos oscuros adquieren significado de golpe, cuando captamos de qué va todo, cuando se nos revelan profundas maravillas.

En su encuentro con la naturaleza, la ciencia provoca invariablemente reverencia y admiración. El mero hecho de entender algo es una celebración de la unión, la mezcla, aunque sea a escala muy modesta, con la magnificencia del cosmos. Y la construcción acumulativa de conocimiento en todo el mundo a lo largo del tiempo convierte a la ciencia en algo que no está muy lejos de un meta-pensamiento transnacional, transgeneracional.

«Espíritu» viene de la palabra latina «respirar». Lo que respiramos es aire, que es realmente materia, por sutil que sea. A pesar del uso en sentido contrario, la palabra «espiritual» no implica necesariamente que hablemos de algo distinto de la materia (incluyendo la materia de la que está hecho el cerebro), o de algo ajeno al reino de la ciencia. En ocasiones usaré la palabra con toda libertad. La ciencia no sólo es compatible con la espiritualidad sino que es una fuente de espiritualidad profunda. Cuando reconocemos nuestro lugar en una inmensidad de años luz y en el paso de las eras, cuando captamos la complicación, belleza y sutileza de la vida, la elevación de este sentimiento, la sensación combinada de regocijo y humildad, es sin duda espiritual. Así son nuestras emociones en presencia del gran arte, la música o la literatura, o ante los actos de altruismo y valentía ejemplar como los de Mohadma Gandhi o Martín Luther King, Jr. La idea de que la ciencia y la

espiritualidad se excluyen mutuamente de algún modo presta un flaco servicio a ambas.

---000---

La ciencia puede ser difícil de entender. Puede desafiar creencias arraigadas. Cuando sus productos se ponen a disposición de políticos o industriales, puede conducir a las armas de destrucción masiva y a graves amenazas al entorno. Pero debe decirse una cosa a su favor: cumple su cometido.

No todas las ramas de la ciencia pueden presagiar el futuro —la paleontología, por ejemplo— pero muchas sí, y con una precisión asombrosa. Si uno quiere saber cuándo será el próximo eclipse de sol, puede preguntar a magos o místicos, pero le irá mucho mejor con los científicos. Le dirán dónde colocarse en la Tierra, para verlo, cuándo debe hacerlo y si será un eclipse parcial, total o anular. Pueden predecir rutinariamente un eclipse solar, al minuto, con un milenio de anticipación. Una persona puede ir a ver a un brujo para que le quite el sortilegio que le provoca una anemia perniciosa, o puede tomar vitamina B12. Si quiere salvar de la polio a su hijo, puede rezar o puede vacunarle. Si le interesa saber el sexo de su hijo antes de nacer, puede consultar todo lo que quiera a los adivinos que se basan en el movimiento de la plomada (derecha-izquierda, un niño; adelante-atrás, una niña... o quizá al revés) pero, como promedio, acertarán sólo una de cada dos veces. Si quiere precisión (en este caso del noventa y nueve por ciento), pruebe la amniocentesis y las ecografías. Pruebe la ciencia.

Pensemos en cuántas religiones intentan justificarse con la profecía. Pensemos en cuánta gente confía en esas profecías, por vagas que sean, por irrealizables que sean, para fundamentar o apuntalar sus creencias. Pero ¿ha habido alguna religión con la precisión profética y la exactitud de la ciencia? No hay ninguna religión en el planeta que no ansie una capacidad comparable —precisa y repetidamente demostrada ante escépticos redomados— para presagiar acontecimientos futuros. No hay otra institución humana que se acerque tanto.

¿Es todo eso adoración ante el altar de la ciencia? ¿Es reemplazar una fe por otra, igualmente arbitraria? Desde mi punto de vista, en absoluto. El éxito de la ciencia, directamente observado, es la razón por la que defiendo su uso. Si funcionara mejor otra cosa, la defendería. ¿Se aísla la ciencia de la crítica filosófica? ¿Se define a sí misma como poseedora de un monopolio de la «verdad»? Pensemos nuevamente en este eclipse futuro a miles de años vista. Comparemos todas las doctrinas que podamos, veamos qué predicciones hacen del futuro, cuáles son vagas y cuáles precisas, y qué

doctrinas —cada una de ellas sujeta a la falibilidad humana— tienen mecanismos incorporados de corrección de errores. Tomemos nota del hecho que ninguna de ellas es perfecta. Luego tomemos la que razonablemente puede funcionar (en oposición a la que lo parece) mejor. Si hay diferentes doctrinas que son superiores en campos distintos e independientes, desde luego somos libres de elegir varias, pero no si se contradicen una a otra. Lejos de ser idolatría, es el medio a través del que podemos distinguir a los ídolos falsos de los auténticos.

Nuevamente, la razón por la que la ciencia funciona tan bien es en parte este mecanismo incorporado de corrección de errores. En la ciencia no hay preguntas prohibidas, no hay temas demasiado sensibles o delicados para ser explorados, no hay verdades sagradas. Esta apertura a nuevas ideas, combinada con el escrutinio más riguroso y escéptico de todas las ideas, selecciona el trigo de la cizaña. No importa lo inteligente, venerable o querido que sea uno. Debe demostrar sus ideas ante la crítica decidida y experta. Se valoran la diversidad y el debate. Se alienta la formulación de opiniones en disputa, sustantivamente y en profundidad.

El proceso de la ciencia puede parecer confuso y desordenado. En cierto modo lo es. Si uno examina la ciencia en su aspecto cotidiano, desde luego encuentra que los científicos ocupan toda la gama de emociones, personalidades y caracteres humanos. Pero hay una faceta realmente asombrosa para el observador externo, y es el nivel de crítica que se considera aceptable o incluso deseable. Los aprendices de científicos reciben mucho calor e inspirado aliento de sus tutores. Pero el pobre licenciado, en su examen oral de doctorado, está sujeto a un mordaz fuego cruzado de preguntas de unos profesores que precisamente tienen el futuro del candidato en sus manos. Naturalmente, el doctorado se pone nervioso; ¿quién no? Ciertamente, se ha preparado para ello durante años. Pero entiende que, en este momento crítico, tiene que ser capaz de responder las minuciosas preguntas que le planteen los expertos. Así, cuando se prepara para defender su tesis, debe practicar un hábito de pensamiento muy útil: tiene que anticipar las preguntas, tiene que preguntarse: ¿En qué punto flaquea mi disertación? Será mejor que lo identifique yo antes que otros.

El científico participa en reuniones y discusiones. Se *encuentra en* coloquios universitarios en los que apenas el ponente lleva treinta segundos hablando cuando la audiencia le plantea preguntas y comentarios devastadores. Analiza las condiciones para entregar un artículo a una revista científica para su posible publicación, lo envía al editor y luego éste lo somete a árbitros anónimos cuya tarea es preguntarse: ¿Lo que ha hecho el autor es una estupidez? ¿Hay algo aquí lo bastante interesante para ser publicado? ¿Cuáles son las deficiencias de este estudio? Los resultados

principales ¿han sido encontrados por alguien más? ¿El argumento es adecuado, o el autor debería someter el informe de nuevo después de demostrar realmente lo que aquí es sólo una especulación? Y es anónimo: el autor no sabe quiénes son los críticos. Esta es la práctica diaria de la comunidad científica.

¿Por qué soportamos todo eso? ¿Nos gusta que nos critiquen? No, a ningún científico le gusta. Todo científico siente un afecto de propietario por sus ideas y descubrimientos. Con todo, no replicamos a los críticos: espera un momento, de verdad que es buena idea, me gusta mucho, no te hace ningún daño, por favor, déjala en paz. En lugar de eso, la norma dura pero justa es que si las ideas no funcionan, debemos descartarlas. No gastes neuronas en lo que no funciona. Dedicar esas neuronas a ideas nuevas que expliquen mejor los datos. El físico británico Michael Faraday advirtió de la poderosa tentación de buscar las pruebas y apariencias que están a favor de nuestros deseos y desatender las que se oponen a ellos...

Recibimos como favorable lo que concuerda con [nosotros], nos resistimos con desagrado a lo que se nos opone; mientras todo dictado del sentido común requiere exactamente lo contrario.

Las críticas válidas te hacen un favor.

Hay gente que considera arrogante a la ciencia, especialmente cuando pretende contradecir creencias arraigadas o cuando introduce conceptos extraños que parecen contrarios al sentido común. Como un terremoto que sacude nuestra fe en el terreno donde nos hallamos, desafiar nuestras creencias tradicionales, zarandear las doctrinas en las que hemos confiado, puede ser profundamente perturbador. Sin embargo, mantengo que la ciencia es parte integrante de la humildad. Los científicos no pretenden imponer sus necesidades y deseos a la naturaleza, sino que humildemente la interrogan y se toman en serio lo que encuentran. Somos conscientes de que científicos venerados se han equivocado. Entendemos la imperfección humana. Insistimos en la verificación independiente —hasta donde sea posible— y cuantitativa de los principios de creencia que se proponen. Constantemente estamos clavando el aguijón, desafiando, buscando contradicciones o pequeños errores persistentes, residuales, proponiendo explicaciones alternativas, alentando la herejía. Damos nuestras mayores recompensas a los que refutan convincentemente creencias establecidas.

Aquí va uno de los muchos ejemplos: las leyes de movimiento y la ley de cuadrado inverso de gravitación asociadas con el nombre de Isaac Newton están consideradas con razón entre los máximos logros de la especie humana. Trescientos años después, utilizamos la dinámica newtoniana para predecir los eclipses. Años después del lanzamiento, a miles de millones de kilómetros de la Tierra (con sólo pequeñas correcciones de Einstein), la nave espacial llega de manera magnífica a un punto predeterminado en la órbita



del objetivo mientras el mundo va moviéndose lentamente. La precisión es asombrosa. Sencillamente, Newton sabía lo que hacía.

Pero los científicos no se han conformado con dejarlo como estaba. Han buscado con persistencia grietas en la armadura newtoniana. A grandes velocidades y fuertes gravedades, la física newtoniana se derrumba. Éste es uno de los grandes descubrimientos de la relatividad especial y general de Albert Einstein y una de las razones por las que se honra de tal modo su memoria. La física newtoniana es válida en un amplio espectro de condiciones, incluyendo las de la vida cotidiana. Pero, en ciertas circunstancias altamente inusuales para los seres humanos —al fin y al cabo, no tenemos el hábito de viajar a velocidad cercana a la de la luz— simplemente no da la respuesta correcta; no es acorde con las observaciones de la naturaleza. La relatividad especial y general son indistinguibles de la física newtoniana en su campo de validez, pero hacen predicciones muy diferentes —predicciones en excelente acuerdo con la observación— en esos otros regímenes (alta velocidad; fuerte gravedad). La física newtoniana resulta ser una aproximación a la verdad, buena en circunstancias con las que tenemos una familiaridad rutinaria, mala en otras. Es un logro espléndido y justamente celebrado de la mente humana, pero tiene sus limitaciones.

Sin embargo, de acuerdo con nuestra comprensión de la falibilidad humana, teniendo en cuenta la advertencia de que podemos acercarnos asintóticamente a la verdad pero nunca alcanzarla del todo, los científicos están investigando hoy regímenes en los que pueda fallar la relatividad general. Por ejemplo, la relatividad general predice un fenómeno asombroso llamado ondas gravitacionales. Nunca se han detectado directamente. Pero, si no existen, hay algo fundamentalmente erróneo en la relatividad general. Los pulsares son estrellas de neutrones que giran rápidamente, cuyos períodos de giro pueden medirse ahora con una precisión de hasta quince decimales. Se predice que dos pulsares muy densos en órbita uno alrededor del otro irradian cantidades copiosas de ondas gravitacionales... que con el tiempo alterarán ligeramente las órbitas y los períodos de rotación de las dos estrellas. Joseph Taylor y Russell Hulse, de la Universidad de Princeton, han usado este método para comprobar las predicciones de la relatividad general de un modo totalmente nuevo. Según sus hipótesis, los resultados serían inconsistentes con la relatividad general y habrían derribado uno de los pilares principales de la física moderna. No sólo estaban dispuestos a desafiar la relatividad general, sino que se los animó a hacerlo con entusiasmo. Al final, la observación de pulsares binarios da una verificación precisa de las predicciones de la relatividad general y, por ello, Taylor y Hulse recibieron conjuntamente el Premio Nobel de Física en 1993. De modos diversos, otros muchos físicos ponen a prueba la relatividad general: por ejemplo

intentando detectar directamente las elusivas ondas gravitacionales. Confían en forzar la teoría hasta el punto de ruptura y descubrir si existe un régimen de la naturaleza en el que empiece a no ser sólido el gran avance de comprensión de Einstein.

Esos esfuerzos continuarán siempre que haya científicos. La relatividad general es ciertamente una descripción inadecuada de la naturaleza a nivel cuántico, pero, aunque no fuera así, aunque la relatividad general fuera válida en todas partes y para siempre, ¿qué mejor manera de convencernos de su validez que con un esfuerzo concertado para descubrir sus errores y limitaciones?

Esta es una de las razones por las que las religiones organizadas no me inspiran confianza. ¿Qué líderes de las religiones principales reconocen que sus creencias podrían ser incompletas o erróneas y establecen institutos para desvelar posibles deficiencias doctrinales? Más allá de la prueba de la vida cotidiana, ¿quién comprueba sistemáticamente las circunstancias en que las enseñanzas religiosas tradicionales pueden no ser ya aplicables? (Sin duda es concebible que doctrinas y éticas que funcionaron bastante bien en tiempos patriarcales, patrísticos o medievales puedan carecer absolutamente de valor en el mundo tan diferente que habitamos.) ¿En qué sermón se examina imparcialmente la hipótesis de Dios? ¿Qué recompensas conceden a los escépticos religiosos las religiones establecidas... o a los escépticos sociales y económicos la sociedad en la que navegan?

La ciencia, apunta Ann Druyan, siempre nos está susurrando al oído: «Recuerda que eres nuevo en esto. Podrías estar equivocado. Te has equivocado antes.» A pesar de toda la prédica sobre la humildad, me gustaría que me enseñasen algo comparable en la religión. Se dice que las Escrituras son de inspiración divina, una frase con muchos significados. Pero ¿y si han sido fabricadas simplemente por humanos falibles? Se da testimonio de milagros, pero ¿y si en lugar de eso son una mezcla de charlatanería, estados de conciencia poco familiares, malas interpretaciones de fenómenos naturales y enfermedades mentales? No me parece que ninguna religión contemporánea y ninguna creencia de la «Nueva Era» tenga en cuenta suficientemente la grandeza, magnificencia, sutileza y complicación del universo revelado por la ciencia. El hecho de que en las Escrituras se hallen prefigurados tan pocos descubrimientos de la ciencia moderna aporta mayores dudas a mi mente sobre la inspiración divina. Pero, sin duda, podría estar equivocado.

Vale la pena leer los dos párrafos que siguen, no para entender la ciencia que describen sino para captar el estilo de pensamiento del autor. Se enfrenta a anomalías, paradojas aparentes en física; «asimetrías», las llama. ¿Qué podemos aprender de ellas?

Es sabido que la electrodinámica de Maxwell —tal y como se entiende actualmente— conduce a asimetrías que no parecen inherentes a los fenómenos, cuando se aplica a cuerpos en movimiento. Tómese, por ejemplo, la acción electromagnética dinámica recíproca entre un imán y un conductor. El fenómeno que aquí se observa depende únicamente del movimiento relativo entre el conductor y el imán, mientras que la visión habitual establece una bien definida distinción entre los dos casos en que uno u otro de esos cuerpos está en movimiento. Ya que si el imán está en movimiento y el conductor en reposo, aparece en los alrededores del imán un campo eléctrico con una cierta energía definida, que produce una corriente en aquellos lugares donde se sitúan partes del conductor. Pero si el imán está estacionario y el conductor en movimiento, no surge ningún campo eléctrico en los alrededores del imán. Sin embargo, en el conductor encontramos una fuerza electromotriz, para la que no existe la energía correspondiente, pero que da lugar —suponiendo que el movimiento relativo sea el mismo en los dos casos discutidos— a corrientes eléctricas de la misma dirección e intensidad que las producidas por las fuerzas eléctricas en el caso anterior.

Ejemplos de este tipo, junto a los intentos que sin éxito se han realizado para descubrir cualquier movimiento de la Tierra con respecto al «éter», sugieren que los fenómenos de la electrodinámica lo mismo que los de la mecánica no poseen propiedades que corresponden a la idea del reposo absoluto. Más bien sugieren que, como se ha demostrado en el primer orden de pequeñas cantidades, serán válidas las mismas leyes de electrodinámica y óptica para todos los marcos de referencia en que sean aplicables las ecuaciones de mecánica.

¿Qué intenta decirnos aquí el autor? Más adelante trataré de explicar los antecedentes. De momento, quizá podemos reconocer que el lenguaje es ahorrativo, cauto, claro y sin un ápice más de complicación que la necesaria. No es posible adivinar a primera vista por la redacción (o por el poco ostentoso título: «Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento») que este artículo representa la llegada crucial al mundo de la teoría de la relatividad especial, la puerta del anuncio triunfante de la equivalencia de masa y energía, la reducción de la presunción de que nuestro pequeño mundo ocupa algún «marco de referencia privilegiado» en el universo, y en varios aspectos diferentes un acontecimiento que marca una época en la historia humana. Las palabras que abren el artículo de 1905 de Einstein son características del informe científico. Su aire desinteresado, su

circunspección y modestia son agradables. Contrastemos su tono contenido, por ejemplo, con los productos de la publicidad moderna, discursos políticos, pronunciamientos teológicos autorizados... o, por qué no, con la propaganda de la solapa de este libro.

Nótese que el informe de Einstein empieza intentando extraer un sentido de unos resultados experimentales. Siempre que sea posible, los científicos experimentan. Los experimentos que se proponen dependen a menudo de las teorías que prevalecen en el momento. Los científicos están decididos a comprobar esas teorías hasta el punto de ruptura. No confían en lo que es intuitivamente obvio. Que la Tierra era plana fue obvio en un tiempo. Fue obvio que los cuerpos pesados caían más de prisa que los ligeros. Fue obvio que algunas personas eran esclavas por naturaleza y por decreto divino. Fue obvio que las sanguijuelas curaban la mayoría de las enfermedades. Fue obvio que existía un lugar que ocupaba el centro del universo, y que la Tierra se encontraba en ese lugar privilegiado. Fue obvio que hubo un sistema de referencia en reposo absoluto. La verdad puede ser confusa o contraria a la intuición. Puede contradecir creencias profundas. Experimentando, llegamos a controlarla.

Hace muchas décadas, en una cena, se pidió al físico Robert W. Wood que respondiera al brindis: «Por la física y la metafísica.» Por «metafísica» se entendía entonces algo así como la filosofía, o verdades que uno puede reconocer sólo pensando en ellas. También podían haber incluido la pseudociencia.

Wood respondió aproximadamente de esta guisa: El físico tiene una idea. Cuanto más piensa en ella, más sentido le parece que tiene. Consulta la literatura científica. Cuanto más lee, más prometedor le parece la idea. Con esta preparación va al laboratorio y concibe un experimento para comprobarlo. El experimento es trabajoso. Se comprueban muchas posibilidades. Se afina la precisión de la medición, se reducen los márgenes de error. Deja que los casos sigan su curso. Se concentra sólo en lo que le enseña el experimento. Al final de todo su trabajo, después de una minuciosa experimentación, se encuentra con que la idea no tiene valor. Así, el físico la descarta, libera su mente de la confusión del error y pasa a otra cosa.<sup>6</sup>

La diferencia entre física y metafísica, concluyó Wood mientras levantaba su vaso, no es que los practicantes de una sean más inteligentes que los de la otra. La diferencia es que la metafísica no tiene laboratorio.

---OOO---

---

<sup>6</sup> Como lo expresó el físico Benjamín Franklin: «En el curso de esos experimentos, ¿cuántos bellos sistemas construimos que pronto nos vemos obligados a destruir?» Al menos, pensaba Franklin, la experiencia bastaba para «ayudar a hacer un hombre humilde de un vanidoso».

Para mí, hay cuatro razones principales para realizar un esfuerzo concertado que acerque la ciencia —por radio, televisión, cine, periódicos, libros, programas de ordenador, parques temáticos y aulas de clase— a todos los ciudadanos. En todos los usos de la ciencia es insuficiente —y ciertamente peligroso— producir sólo un sacerdocio pequeño, altamente competente y bien recompensado de profesionales. Al contrario, debe hacerse accesible a la más amplia escala una comprensión fundamental de los descubrimientos y métodos de la ciencia.

- A pesar de las abundantes oportunidades de mal uso, la ciencia puede ser el camino dorado para que las naciones en vías de desarrollo salgan de la pobreza y el atraso. Hace funcionar las economías nacionales y la civilización global. Muchas naciones lo entienden. Ésa es la razón por la que tantos licenciados en ciencia e ingeniería de las universidades norteamericanas — todavía las mejores del mundo— son de otros países. El corolario, que a veces no se llega a captar en Estados Unidos, es que abandonar la ciencia es el camino de regreso a la pobreza y el atraso.

- La ciencia nos alerta de los riesgos que plantean las tecnologías que alteran el mundo, especialmente para el medio ambiente global del que dependen nuestras vidas. La ciencia proporciona un esencial sistema de alarma.

- La ciencia nos enseña los aspectos más profundos de orígenes, naturalezas y destinos: de nuestra especie, de la vida, de nuestro planeta, del universo. Por primera vez en la historia de la humanidad, podemos garantizar una comprensión real de algunos de esos aspectos. Todas las culturas de la Tierra han trabajado estos temas y valorado su importancia. A todos se nos pone la carne de gallina cuando abordamos estas grandes cuestiones. A la larga, el mayor don de la ciencia puede ser enseñarnos algo, de un modo que ningún otro empeño ha sido capaz de hacer, sobre nuestro contexto cósmico, sobre dónde, cuándo y quiénes somos.

- Los valores de la ciencia y los valores de la democracia son concordantes, en muchos casos indistinguibles. La ciencia y la democracia empezaron —en sus encarnaciones civilizadas— en el mismo tiempo y lugar, en los siglos VII y VI a. J.C. en Grecia. La ciencia confiere poder a todo aquel que se tome la molestia de estudiarla (aunque sistemáticamente se ha impedido a demasiados). La ciencia prospera con el libre intercambio de ideas, y ciertamente lo requiere; sus valores son antitéticos al secreto. La ciencia no posee posiciones ventajosas o privilegios especiales. Tanto la ciencia como la democracia alientan opiniones poco convencionales y un vivo debate. Ambas exigen raciocinio suficiente, argumentos coherentes, niveles rigurosos de

prueba y honestidad. La ciencia es una manera de ponerles las cartas boca arriba a los que se las dan de conocedores. Es un bastión contra el misticismo, contra la superstición, contra la religión aplicada erróneamente. Si somos fieles a sus valores, nos puede decir cuándo nos están engañando. Nos proporciona medios para la corrección de nuestros errores. Cuanto más extendido esté su lenguaje, normas y métodos, más posibilidades tenemos de conservar lo que Thomas Jefferson y sus colegas tenían en mente. Pero los productos de la ciencia también pueden subvertir la democracia más de lo que pueda haber soñado jamás cualquier demagogo preindustrial.

Para encontrar una brizna de verdad ocasional flotando en un gran océano de confusión y engaño se necesita atención, dedicación y valentía. Pero si no ejercitamos esos duros hábitos de pensamiento, no podemos esperar resolver los problemas realmente graves a los que nos enfrentamos... y corremos el riesgo de convertirnos en una nación de ingenuos, un mundo de niños a disposición del primer charlatán que nos pase por delante.

----000---

Un ser extraterrestre recién llegado a la Tierra —si hiciera un examen de lo que presentamos principalmente a nuestros hijos en televisión, radio, cine, periódicos, revistas, cómics y muchos libros— podría llegar fácilmente a la conclusión de que queremos enseñarles asesinatos, violaciones, crueldad, superstición, credulidad y consumismo. Insistimos en ello y, a fuerza de repetición, por fin muchos de ellos quizá aprendan. ¿Qué tipo de sociedad podríamos crear si, en lugar de eso, les inculcáramos la ciencia y un soplo de esperanza?

CAPÍTULO 3

EL HOMBRE

DE LA LUNA

Y LA CARA

DE MARTE

---

La luna salta  
en la corriente del Gran Río. Flotando en  
el viento, ¿qué parezco?

Du Fu,  
«Viaje nocturno»  
(China, dinastía Tang, 765)



Cada campo de la ciencia tiene su propio complemento de pseudociencia. Los geofísicos tienen que enfrentarse a Tierras planas, Tierras huecas. Tierras con ejes que se balancean desordenadamente, continentes de rápido ascenso y hundimiento y profetas del terremoto. Los botánicos tienen plantas cuyas apasionantes vidas emocionales se pueden seguir con detectores de mentiras, los antropólogos tienen hombres-mono supervivientes, los zoólogos dinosaurios vivos y los biólogos evolutivos tienen a los literalistas bíblicos pisándoles los talones. Los arqueólogos tienen antiguos astronautas, runas falsificadas y estatuas espurias. Los físicos tienen máquinas de movimiento perpetuo, un ejército de aficionados a refutar la relatividad y quizá la fusión fría. Los químicos todavía tienen la alquimia. Los psicólogos tienen mucho de psicoanálisis y casi toda la parapsicología. Los economistas tienen las previsiones económicas a largo plazo. Los meteorólogos, hasta ahora, tienen previsiones del tiempo de largo alcance, como en el *Almanaque del campesino* que se guía por las manchas solares (aunque la previsión del clima a largo plazo es otro asunto). La astronomía tiene como pseudociencia equivalente principal la astrología, disciplina de la que surgió. A veces las pseudociencias se entrecruzan y aumenta la confusión, como en las búsquedas telepáticas de tesoros enterrados de la Atlántida o en las previsiones económicas astrológicas.

Pero, como yo trabajo con planetas, y como me he interesado en la posibilidad de vida extraterrestre, las pseudociencias que más a menudo aparecen en mi camino implican otros mundos y lo que con tanta facilidad en nuestra época se ha dado en llamar «extraterrestres». En los capítulos que siguen quiero presentar dos doctrinas pseudocientíficas recientes y en cierto modo relacionadas. Comparten la posibilidad de que las imperfecciones perceptuales y cognitivas humanas representen un papel en nuestra confusión sobre temas de gran importancia. La primera sostiene que una cara de piedra gigante de eras antiguas mira inexpresivamente hacia el cielo desde la arena

de Marte. La segunda mantiene que seres ajenos de mundos distantes visitan la Tierra con despreocupada impunidad.

Aunque el resumen sea escueto, ¿no provoca cierta emoción la contemplación de esas afirmaciones? ¿Y si esas viejas ideas de ciencia ficción —en las que sin duda resuenan profundos temores y anhelos humanos— llegaron a ocurrir realmente? ¿Cómo pueden no producir interés? Ante un material así, hasta el cínico más obtuso se conmueve. ¿Estamos totalmente seguros de poder descartar esas afirmaciones sin ninguna sombra de duda? Y si unos desenmascaradores empedernidos son capaces de notar su atractivo, ¿qué deben sentir aquellos que, como el señor «Buckiey», ignoran el escepticismo científico?

---000---

La Luna, durante la mayor parte de la historia —antes de las naves espaciales, antes de los telescopios, cuando estábamos todavía prácticamente inmersos en el pensamiento mágico— era un enigma. Casi nadie pensaba en ella como un mundo.

¿Qué vemos realmente cuando miramos la Luna a simple vista? Discernimos una configuración de marcas irregulares brillantes y oscuras, no una representación parecida a un objeto familiar. Pero nuestros ojos, casi de manera irresistible, conectan las marcas subrayando algunas e ignorando otras. Buscamos una forma y la encontramos. En los mitos y el folclore mundial se ven muchas imágenes: una mujer tejiendo, bosques de laureles, un elefante que salta de un acantilado, una chica con un cesto a la espalda, un conejo, los intestinos lunares salpicados sobre su superficie tras ser destripados por una ave irritable sin alas, una mujer que machaca una corteza para hacer tela, un jaguar de cuatro ojos. A los de una cultura les cuesta creer cómo los de otra pueden ver esas cosas tan raras.

La imagen más común es el Hombre de la Luna. Desde luego, no parece un hombre de verdad. Tiene las facciones ladeadas, alabeadas, torcidas. Tiene un bistec o algo parecido encima del ojo izquierdo. ¿Y qué expresión transmite su boca? ¿Una «o» de sorpresa? ¿Una señal de tristeza, quizá de lamentación? ¿Un reconocimiento lúgubre de la dureza de la labor de la vida en la Tierra? Ciertamente, la cara es demasiado redonda. Le faltan las orejas. Supongo que por arriba es calva. A pesar de todo, cada vez que la miro veo una cara humana.

El folclore mundial pinta la Luna como algo prosaico. En la generación anterior al Apolo se decía a los niños que la Luna estaba hecha de queso verde (es decir, oloroso) y, por alguna razón, este dato no se consideraba maravilloso sino hilarante. En los libros infantiles y cómics, a

menudo se dibuja al Hombre de la Luna como una simple cara dentro de un círculo, no muy diferente de la «cara feliz» con un par de puntos y un arco invertido. Bondadosa, baja su mirada hacia las travesuras nocturnas de animales y niños.

Consideremos nuevamente las dos categorías de terreno que reconocemos cuando examinamos la Luna a simple vista: la frente, mejillas y barbilla más brillantes, y los ojos y la boca más oscuros. A través de un telescopio, las facciones brillantes se revelan como antiguas tierras altas con cráteres que, ahora lo sabemos (por la datación radiactiva de muestras proporcionadas por los astronautas del Apolo), datan de casi 4500 millones de años. Las facciones oscuras son flujos algo más recientes de lava basáltica llamados *maña* (singular, *mare*, ambas de la palabra latina que significa mar, aunque según sabemos la Luna está seca como un hueso). Los *mana* brotaron en los primeros cientos de millones de años de historia lunar, inducida en parte por el impacto de alta velocidad de enormes asteroides y cometas. El ojo derecho es el Mare Imbrium, el bistec inclinado sobre el ojo izquierdo es la combinación del Mare Serenitatis y el Mare Tranquilitatis (donde aterrizó el *Apolo II*) y la boca abierta descentrada es el Mare Humorum. (La visión humana ordinaria no puede distinguir los cráteres sin ayuda.)

El Hombre de la Luna es en realidad un registro de antiguas catástrofes, la mayoría de las cuales ocurrieron antes de la existencia de los humanos, de los mamíferos, de los vertebrados, de los organismos multicelulares y, probablemente, incluso antes de que surgiera la vida en la Tierra. Es una presunción característica de nuestra especie darle una cara humana a la violencia cósmica aleatoria.

---000---

Los humanos, como otros primates, somos gregarios. Nos gusta la compañía de los demás. Somos mamíferos, y el cuidado paternal de los jóvenes es esencial para la continuación de las líneas hereditarias. El padre sonríe al niño, el niño devuelve la sonrisa y se forja o fortalece un vínculo. En cuanto el niño es capaz de ver, reconoce caras, y ahora sabemos que esta habilidad está bien conectada en nuestro cerebro. Los bebés que hace un millón de años eran incapaces de reconocer una cara devolvían menos sonrisas, era menos probable que se ganaran el corazón de sus padres y tenían menos probabilidades de prosperar. Hoy en día, casi todos los bebés identifican con rapidez una cara humana y responden con una mueca.

Como efecto secundario involuntario, la eficiencia del mecanismo de reconocimiento de formas en nuestro cerebro para aislar una cara entre un montón de detalles es tal que a veces vemos caras donde no las hay.

Reunimos fragmentos inconexos de luz y oscuridad e, inconscientemente, intentamos ver una cara. El Hombre de la Luna es un resultado. La película *Blow up* de Michelangelo Antonioni describe otro. Hay muchos más ejemplos.

A veces es una formación geológica, como la del Hombre Viejo de las Montañas en Franconia Notch, New Hampshire. Sabemos que, más que un agente sobrenatural o una antigua civilización que, por lo demás, no se ha descubierto en New Hampshire, es producto de la erosión y los desprendimientos de una superficie de roca. En todo caso, ya no se parece mucho a una cara. Están también la Cabeza del Diablo en Carolina del Norte, la Esfinge en Wastwater, Inglaterra, la Vieja en Francia, la Roca Varian en Armenia. A veces es una mujer reclinada, como el monte Ixtaccihuatl en México. A veces son otras partes del cuerpo, como los Grand Tetons en Wyoming: un par de picos de montaña bautizados por exploradores franceses que llegaban por el oeste. (En realidad son tres.) A veces son formas cambiantes en las nubes. A finales de la época medieval y en el Renacimiento, las visiones en España de la Virgen María eran «confirmadas» por personas que veían santos en las formaciones nubosas. (Zarpando de Suva, Fiji, vi una vez la cabeza de un monstruo realmente aterrador, con las quijadas abiertas, dibujada en una nube de tormenta.)

En algunas ocasiones, un vegetal o un dibujo de la veta de la madera o la joroba de una vaca parecen una cara humana. Hubo una célebre berenjena que tenía un parecido enorme con Richard Nixon. ¿Qué deberíamos deducir de este hecho? ¿Intervención divina o extraterrestre? ¿Intromisión republicana en la genética de la berenjena? No. Reconocemos que hay gran número de berenjenas en el mundo y que, habiendo tantas, tarde o temprano encontraremos una que parezca una cara humana, incluso una cara humana particular.

Cuando la cara es de un personaje religioso —como, por ejemplo, una tortilla que parece exhibir la cara de Jesús— los creyentes tienden a deducir rápidamente la intervención de Dios. En una era más escéptica que la mayoría, anhelan una confirmación. Sin embargo parece improbable que se produzca un milagro en un medio tan evanescente. Teniendo en cuenta la cantidad de tortillas que se han hecho desde el principio del mundo, sería sorprendente que no saliera alguna con unas facciones al menos vagamente familiares.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Estos casos son muy diferentes al del llamado Sudario de Turín, que muestra algo demasiado parecido a una forma humana para interpretarlo como una forma natural y que, según sugiere ahora la datación por carbono-14, no es el sudario de la muerte de Jesús sino una mistificación piadosa del siglo XIV, una época próspera y provechosa para la industria artesana de fabricación de reliquias religiosas fraudulentas.

Se han adscrito propiedades mágicas a las raíces de ginseng y mandragora, debido en parte a un vago parecido con la forma humana. Algunos brotes de castaño muestran caras sonrientes. Hay corales que parecen manos. El hongo oreja (también impropriamente llamado «oreja de judío») parece realmente una oreja, y en las alas de ciertas polillas puede verse algo así como unos ojos enormes. Puede ser que haya algo más que mera coincidencia; quizá sea menos probable que criaturas con cara —o criaturas que tienen miedo de depredadores con cara— engullan plantas y animales que sugieren una cara. El «palo» es un insecto con un disfraz de rama espectacular. Naturalmente, tiende a vivir sobre los árboles y alrededor de ellos. Su imitación del mundo de las plantas le salva de pájaros y otros depredadores y casi seguro que es la razón por la que esta forma extraordinaria fue lentamente moldeada por la selección natural darwiniana. Esos cruces de límites entre los reinos de la vida son enervantes. Un niño pequeño que vea un insecto palo puede imaginarse fácilmente un ejército de palos, ramas y árboles avanzando con algún ominoso propósito vegetal.

Se describen e ilustran muchos ejemplos de este tipo en un libro de 1979 titulado *Parecido natural*, de John Michell, un británico entusiasta de lo oculto. Toma en serio las afirmaciones de Richard Shaver, quien —como describiré más adelante— representó un papel importante en el origen del entusiasmo por los ovnis en Norteamérica. Shaver practicó cortes en las rocas de su granja de Wisconsin y descubrió, escrita en un lenguaje pictográfico que sólo él podía ver, aunque no entender, una historia total del mundo. Michell acepta también a pies juntillas las afirmaciones del dramaturgo y teórico surrealista Antonin Artaud, quien, en parte bajo la influencia del peyote, veía en las formas del exterior de las rocas imágenes eróticas, un hombre torturado, animales feroces y cosas así. «Todo el paisaje se revelaba a sí mismo —dice Michell—, como la creación de un único pensamiento.» Pero hay una cuestión clave: ¿este pensamiento estaba dentro o fuera de la cabeza de Artaud? Artaud llegó a la conclusión, aceptada por Michell de que aquellas formas tan aparentes en las rocas habían sido fabricadas por una civilización antigua y no por su estado de conciencia inducido en parte por alucinógenos. Cuando Artaud volvió de México a Europa, se le diagnosticó una locura. Michell deplora el «punto de vista materialista» que recibió con escepticismo las formas de Artaud.

Michell nos muestra una fotografía del Sol tomada con rayos X que parece vagamente una cara y nos informa que «los seguidores de Gurdjieff ven la cara de su Maestro» en la corona solar. Deduce que innumerables caras en los árboles, montañas y cantos rodados son producto de una antigua sabiduría. Quizá algunas lo sean: es una buena broma, además de un símbolo

religioso tentador, apilar piedras de modo que, de lejos, parezcan una cara gigante.

Michell considera que la opinión de que la mayoría de esas formas son naturales en los procesos de formación de rocas y la simetría bilateral de plantas y animales, más un poco de selección natural —todo procesado por el filtro parcial humano de nuestra percepción— es «materialismo» y una «ilusión del siglo XIX». «Condicionados por creencias racionalistas, nuestra visión del mundo es más insulsa y limitada de lo que pretendía la naturaleza.» No revela mediante qué procesos ha sondeado las intenciones de la naturaleza.

De las imágenes que presenta, Michell concluye que su misterio permanece esencialmente inalterado, una fuente constante de maravilla, deleite y especulación. Todo lo que sabemos con seguridad es que la naturaleza las creó y al mismo tiempo nos dio el aparato para percibir las y la mente para apreciar su ilimitada fascinación. Para mayor provecho y disfrute, deberían ser contempladas como pretendía la naturaleza, con el ojo de la inocencia desprovisto de teorías y preconcepciones, con la visión múltiple que nos es innata, que enriquece y dignifica la vida humana, y no con la visión única cultivada por los insulsos y obstinados.

---000---

Quizá la declaración espuria más famosa de formas portentosas sea los canales de Marte. Observados por primera vez en 1877, al parecer fueron confirmados por una sucesión de astrónomos profesionales que miraban a través de grandes telescopios en todo el mundo. Se decía que existía una red de líneas rectas únicas y dobles que se entrecruzaban en la superficie de Marte con una regularidad geométrica tan misteriosa que sólo podía tener un origen inteligente. Se sacaron conclusiones evocadoras sobre un planeta abrasado y moribundo poblado por una civilización técnica antigua y sabia dedicada a la conservación de los recursos de agua. Se plasmaron en mapas y se bautizaron cientos de canales. Pero, extrañamente, se evitaba mostrarlos en fotografías. Se sugería que mientras el ojo humano podía recordar los breves instantes de transparencia atmosférica perfecta, la placa fotográfica promediaba indiscriminadamente los pocos momentos claros con los muchos borrosos. Algunos astrónomos veían los canales. Otros muchos no. Quizá algunos observadores eran más hábiles que otros para verlos. O quizá todo el asunto fuera una suerte de ilusión perceptiva.

En gran parte, la idea de que Marte albergaba vida, así como la prevalencia de los «marcianos» en la ficción popular, deriva de los canales. Yo, por mi parte, me empapé de pequeño de esta literatura, y cuando me encontré como experimentador en la misión del *Mariner 9* a Marte —la primera nave espacial en órbita alrededor del planeta rojo— estaba muy interesado en ver, naturalmente, cuáles eran las circunstancias reales. Con el *Mariner 9* y el *Viking* pudimos trazar el mapa del planeta de polo a polo, detectando características cientos de veces más pequeñas que las que mejor se podían ver desde la Tierra. No encontré ni rastro, aunque no me sorprendió, de los canales. Había unas cuantas características más o menos lineales que se habían discernido con el telescopio; por ejemplo, una falla de cinco mil kilómetros de largo que habría sido difícil no ver. Pero los cientos de canales «clásicos» que llevaban agua desde los casquetes polares a través de los desiertos áridos hasta las ciudades ecuatoriales abrasadas simplemente no existían. Eran una ilusión, una disfunción de la combinación humana mano-ojo-cerebro en el límite de resolución cuando miramos a través de una atmósfera inestable y turbulenta.

Toda una sucesión de científicos profesionales —incluyendo astrónomos famosos que hicieron otros descubrimientos ahora confirmados y celebrados con justicia— pueden cometer errores graves, incluso persistentes, en el reconocimiento de formas. Especialmente cuando las implicaciones de lo que creemos que estamos viendo parecen ser profundas, quizá no ejerzamos una autodisciplina y autocritica adecuadas. El mito de los canales marcianos constituye una importante lección histórica.

En el caso de los canales, las misiones de las naves espaciales proporcionaron el medio de corregir nuestras malas interpretaciones. Pero también es cierto que algunas de las afirmaciones más persistentes de la existencia de formas inesperadas surgen de la exploración de las naves espaciales. A principios de la década de 1960, insistí en que debíamos prestar atención a la posibilidad de encontrar artefactos de civilizaciones antiguas, tanto procedentes de nuestro mundo como contruidos por visitantes de otra parte. No pensaba que eso pudiera ser fácil o probable y, desde luego, no sugería que, en un tema tan importante, valiera la pena considerar algo que no contara con pruebas rigurosas.

Empezando con el evocador informe de John Glenn sobre las «luciérnagas» alrededor de la cápsula espacial, cada vez que un astronauta decía ver algo que no se entendía inmediatamente, había quien deducía que eran «extraterrestres». Las explicaciones prosaicas —partículas de pintura de la nave que se soltaban en el entorno del espacio, por ejemplo— se rechazaban despectivamente. El señuelo de lo maravilloso embota nuestras

facultades críticas. (Como si un hombre convertido en luna no fuera maravilla suficiente.)

Durante la época de los aterrizajes lunares del Apolo, muchos aficionados —propietarios de pequeños telescopios, defensores de los platillos volantes, escritores para revistas aeroespaciales— estudiaron detenidamente las fotografías aportadas en busca de anomalías que hubieran pasado inadvertidas a científicos y astronautas de la NASA. Pronto hubo informes de letras latinas gigantes y números árabes inscritos sobre la superficie lunar, pirámides, caminos, cruces, ovnis resplandecientes. Se hablaba de puentes en la Luna, antenas de radio, huellas de enormes vehículos reptantes, y de la devastación provocada por máquinas capaces de partir los cráteres en dos. Cada uno de esos fenómenos, sin embargo, resulta ser una formación geológica lunar natural mal interpretada por analistas aficionados, reflejos internos en la óptica de las cámaras Hasselblad de los astronautas y cosas así. Algunos entusiastas lograron discernir las largas sombras de misiles balísticos... misiles soviéticos, decían en inquieta confianza, dirigidos hacia Norteamérica. Resulta que los cohetes, descritos también como «agujas», son las montañas bajas que proyectan una larga sombra cuando el Sol está cerca del horizonte lunar. Con un poco de trigonometría se disipa el espejismo.

Estas experiencias también proporcionan una buena advertencia: en un terreno complejo esculpido por procesos no familiares, los aficionados (y a veces incluso los profesionales) que examinan fotografías, especialmente cerca del límite de resolución, pueden encontrarse con problemas. Sus esperanzas y temores, la emoción de posibles descubrimientos de gran importancia, pueden vencer el enfoque escéptico y precavido propio de la ciencia.

Si examinamos las imágenes disponibles de la superficie de Venus, de vez en cuando aparece a la vista una forma peculiar del paisaje, como por ejemplo un retrato de Stalin descubierto por geólogos norteamericanos que analizaban las imágenes de radares orbitales soviéticos. Nadie mantiene, supongo, que unos estalinistas recalcitrantes hubieran manipulado las cintas magnéticas, o que los antiguos soviéticos estuvieran involucrados en actividades de ingeniería a una escala sin precedentes y hasta ahora sin revelar sobre la superficie de Venus... donde toda nave espacial que ha aterrizado ha quedado frita en el plazo de una o dos horas. Todos los indicios señalan que este fenómeno, sea lo que sea, se debe a la geología. Lo mismo ocurre con lo que parece ser un retrato de Bugs Bunny sobre la luna de Urano, Ariel. Una imagen del telescopio espacial *Hubble* de Titán en el infrarrojo cercano muestra nubes configuradas de modo que parecen una cara



sonriente de las dimensiones del mundo. Cada científico planetario tiene su ejemplo favorito.

La astronomía de la Vía Láctea también está repleta de similitudes imaginadas: Cabeza de Caballo, Esquimal, Lechuza, Homúnculo, Tarántula y Nebulosa Norteamérica, todas nubes irregulares de gas y polvo iluminadas por estrellas brillantes y cada una de ellas a una escala que empujénece nuestro sistema solar. Cuando los astrónomos fijaron en el mapa la distribución de las galaxias hasta unos pocos cientos de millones de años luz, se encontraron perfilando una rudimentaria forma humana que se ha dado en llamar «el hombre del bastón». La configuración se entiende como algo parecido a enormes burbujas adyacentes de jabón, con las galaxias formadas en la superficie de las burbujas y casi ninguna en el interior. Eso hace bastante probable que tracen una forma de simetría bilateral parecida al hombre del bastón.

Marte es mucho más clemente que Venus, aunque las sondas de aterrizaje *Viking* no proporcionaron ninguna prueba convincente de vida. Su terreno es extremadamente heterogéneo y variado. Con más de cien mil fotografías disponibles, no es sorprendente que a lo largo de los años se hayan observado fenómenos inusuales en Marte. Por ejemplo, hay una alegre «cara feliz» dentro de un cráter de impacto de Marte que tiene ocho kilómetros de lado a lado, con una serie de marcas radiales por fuera que hacen que parezca la representación convencional de un Sol sonriente. Pero nadie afirma que eso haya sido construido por una civilización avanzada (y excesivamente ingeniosa) de Marte, quizá para atraer nuestra atención. Reconocemos que cuando objetos de todos los tamaños caen del cielo, la superficie rebota, se desploma y vuelve a configurarse después de cada impacto, y cuando el agua antigua, los torrentes de barro y la arena moderna transportada por el viento esculpen la superficie, deben de generarse una gran variedad de paisajes. Si analizamos cien mil fotografías, no es raro que en ocasiones encontremos algo parecido a una cara. Considerando que tenemos el cerebro programado para eso desde la infancia, sería sorprendente que no encontráramos una de vez en cuando.

En Marte hay algunas montañas pequeñas que parecen pirámides. En la alta meseta del Elisio hay un grupo de ellas —la más grande mide varios kilómetros en la base—, todas orientadas en la misma dirección. Esas pirámides del desierto tienen algo fantasmagórico y me recuerdan de tal modo la meseta de Gizeh en Egipto que me encantaría examinarlas más de cerca. Sin embargo, ¿es razonable deducir la existencia de faraones marcianos?

En la Tierra también se conocen características similares en miniatura, especialmente en la Antártida. Algunas llegan hasta la rodilla. Si

no supiésemos nada más acerca de ellas, ¿sería razonable concluir que han sido fabricadas por egipcios enanos que vivían en las tierras yermas antárticas? (La hipótesis podría adaptarse vagamente a las observaciones, pero la mayoría de lo que sabemos sobre el entorno polar y la fisiología de los humanos habla en contra de ello.) En realidad son generadas por erosión del viento: la salpicadura de partículas finas recogidas por vientos fuertes que soplan principalmente en la misma dirección y, a lo largo de los años, esculpen lo que anteriormente eran montecillos irregulares como pirámides perfectamente simétricas. Se llaman *dreikanter*s, una palabra alemana que significa tres lados. Es el orden generado a partir del caos por procesos naturales, algo que vemos una y otra vez en todo el universo (en galaxias espirales en rotación, por ejemplo). Cada vez que ocurre sentimos la tentación de deducir la intervención directa de un Hacedor.

En Marte hay pruebas de vientos mucho más intensos que los que ha habido nunca en la Tierra, con velocidades que llegan a la mitad de la velocidad del sonido. Son comunes en todo el planeta las tormentas de polvo que arrastran finos granos de arena. Un golpeteo constante de partículas que se mueven mucho más de prisa que en los vendavales más feroces de la Tierra, a lo largo de las eras de tiempo geológico, debe de ejercer cambios profundos en las caras de las rocas y formas orográficas. No sería demasiado sorprendente que algunas figuras —incluso las más grandes— hubieran sido esculpidas por procesos cólicos en las formas piramidales que vemos.

---000---

Hay un lugar en Marte llamado Cidonia donde se encuentra una gran cara de piedra de un kilómetro de ancho que mira hacia el cielo sin pestañear. Es una cara poco amistosa, pero parece reconociblemente humana. Según algunas descripciones, podría haber sido esculpida por Praxíteles. Yace en un paisaje con muchas colinas bajas moldeadas con formas extrañas, quizá por alguna mezcla de antiguos torrentes de barro y la erosión del viento subsiguiente. Por el número de cráteres de impacto, el terreno circundante parece tener al menos una antigüedad de cientos de millones de años.

De manera intermitente, «la Cara» ha atraído la atención tanto en Estados Unidos como en la antigua Unión Soviética. El titular del *Weekiy WorldNews* del 20 de noviembre de 1984, un periódico sensacionalista no conocido precisamente por su integridad, dice:

SORPRENDENTE DECLARACIÓN DE CIENTÍFICOS SOVIÉTICOS:  
SE ENCUENTRAN TEMPLOS EN RUINAS EN MARTE...  
LA SONDA ESPACIAL DESCUBRE RESTOS  
DE UNA CIVILIZACIÓN DE 50000 AÑOS DE ANTIGÜEDAD.

Se atribuyen las revelaciones a una fuente soviética anónima y se describen con estupefacción los descubrimientos realizados por un vehículo espacial soviético inexistente.

Pero la historia de «la Cara» es casi enteramente norteamericana. Fue encontrada por una de las sondas orbitales *Viking* en 1976. La desafortunada declaración de un oficial del proyecto desestimando la figura por considerarla un efecto de luces y sombras provocó la acusación posterior de que la NASA estaba encubriendo el descubrimiento del milenio. Unos cuantos ingenieros, especialistas informáticos y otros —algunos de ellos contratados por la NASA— trabajaron en su tiempo libre para mejorar digitalmente la imagen. Quizá esperaban revelaciones asombrosas. Es algo permisible, incluso alentado por la ciencia... siempre que los niveles de prueba sean altos. Algunos de ellos se mostraron bastante precavidos y merecen un elogio por haber avanzado en el tema. Otros se sentían menos limitados y no sólo dedujeron que «la Cara» era una escultura genuina monumental de un ser humano, sino que afirmaron haber encontrado una ciudad cercana con templos y fortificaciones.<sup>8</sup> A partir de argumentos falsos, un escritor anunció que los monumentos tenían una orientación astronómica particular —aunque no ahora, sino hace medio millón de años— de la que se derivaba que las maravillas de Cidonia fueron erigidas en aquella época remota. Pero, entonces, ¿cómo podían haber sido humanos los constructores? Hace medio millón de años, nuestros antepasados se afanaban por dominar las herramientas de piedra y el fuego. No tenían naves espaciales.

«La Cara» de Marte se compara a «caras similares... construidas en civilizaciones de la Tierra. Las caras miran hacia el cielo porque miran a Dios». O se dice que fue construida por los supervivientes de una guerra interplanetaria que dejó la superficie de Marte (y la Luna) picada de viruelas y asolada. En cualquier caso, ¿qué es lo que causa todos esos cráteres? ¿Es «la Cara» un resto de una civilización humana extinta hace tiempo? ¿Los constructores eran originarios de la Tierra o de Marte? ¿Podía haber sido esculpida «la Cara» por visitantes interestelares que se detuvieron brevemente en Marte? ¿La dejaron para que la descubriéramos nosotros? ¿Podría ser que hubieran venido a la Tierra a iniciar aquí la vida? ¿O al menos la vida humana? Fueran quienes fueran, ¿eran dioses? Se producen discusiones de lo más ferviente.

Más recientemente se ha especulado acerca de la relación entre los «monumentos» de Marte y los «círculos en las cosechas» de la Tierra; la

---

<sup>8</sup> La idea general es bastante antigua; se podía encontrar hace un siglo en el mito del canal marciano de Percival Lowell. Como uno de muchos ejemplos, P. E. Cleator, en su libro de 1936 *Cohetes a través del espacio: el alba del viaje interplanetario*, especulaba: «Se pueden encontrar en Marte los restos desmoronados de antiguas civilizaciones, testigos mudos de la gloria de otras épocas de un mundo moribundo.»

existencia de suministros inextinguibles de energía en espera de ser extraídos de máquinas marcianas antiguas, y el intento de encubrimiento de la NASA para ocultar la verdad al público americano. Esos pronunciamientos van mucho más allá de la mera especulación imprudente sobre formaciones geológicas enigmáticas.

Cuando, en agosto de 1993, la nave espacial *Mars Observer* fracasó a poca distancia de Marte, hubo quienes acusaron a la NASA de simular el contratiempo con el fin de poder estudiar «la Cara» en detalle sin tener que publicar las imágenes. (De ser así, el engaño era bastante elaborado: todos los expertos de geomorfología marciana lo desconocen, y algunos hemos trabajado con ahínco para diseñar nuevas misiones a Marte menos vulnerables a la disfunción que destruyó el *Mars Observer*.) Se montaron incluso piquetes a las puertas del Laboratorio de Propulsión a Chorro, alarmados por este supuesto abuso de poder.

El *Weekiy World News* del 14 de septiembre de 1993 dedicó su portada al titular «¡Nueva fotografía de la NASA demuestra que los humanos vivieron en Marte!». Una cara falsa, supuestamente tomada por el *Mars Observer* en órbita cerca de Marte (en realidad parece que la nave espacial fracasó antes de entrar en órbita), demuestra, según un «importante científico espacial» inexistente, que los marcianos colonizaron la Tierra hace doscientos mil años. La información se oculta, según declara, para impedir el «pánico mundial».

Dejemos de lado la improbabilidad de que esta revelación pueda provocar realmente un «pánico mundial». Cualquiera que haya sido testigo de un descubrimiento científico portentoso en proceso —me viene a la mente el impacto en julio de 1994 del cometa Shoemaker-Levy 9 con Júpiter— verá claro que los científicos tienden a ser efervescentes e incontenibles. Sienten una compulsión irrefrenable a compartir los descubrimientos. Sólo mediante un acuerdo previo, no *ex post facto*, acatan los científicos el secreto militar. Rechazo la idea de que la ciencia sea secreta por naturaleza. Su cultura y su carácter distintivo, por muy buenas razones, son colectivos, colaboradores y comunicativos.

Si nos limitamos a lo que se sabe realmente e ignoramos la industria periodística que fabrica de la nada descubrimientos que hacen época, ¿dónde estamos? Cuando sabemos sólo un poco sobre «la Cara», nos provoca carne de gallina. Cuando sabemos un poco más, el misterio pierde profundidad rápidamente.

Marte tiene una superficie de casi 150 millones de kilómetros cuadrados, alrededor del área sólida de la Tierra. El área que cubre la «esfinge» marciana es aproximadamente de un kilómetro cuadrado. ¿Es tan asombroso que un pedazo de Marte del tamaño de un sello de correos

(comparado con los 150 millones de kilómetros de extensión) nos parezca artificial, especialmente dada nuestra tendencia, desde la infancia, a encontrar caras? Cuando examinamos el área circundante, un amasijo de altozanos, mesetas y otras superficies complejas, reconocemos que la figura es semejante a muchas que no parecen en absoluto una cara humana. ¿Por qué este parecido? ¿Es posible que los antiguos ingenieros marcianos trabajaran solamente esta meseta (bueno, quizá algunas más) y dejaran todas las demás sin alterar mediante la escultura monumental? ¿O deberíamos concluir que hay otras mesetas esculpidas con forma de cara, pero de caras más extrañas que no nos son familiares en la Tierra?

Si estudiamos la imagen original con más atención, encontramos que un «orificio de la nariz» colocado estratégicamente —que aumenta en gran medida la impresión de una cara— es en realidad un punto negro que corresponde a datos perdidos en la transmisión de radio de Marte a la Tierra. La mejor fotografía de «la Cara» muestra un lado iluminado por el Sol, el otro en sombras profundas. Utilizando los datos digitales originales, podemos potenciar severamente el contraste en las sombras. Cuando lo hacemos, encontramos algo bastante impropio de una cara. «La Cara», en el mejor de los casos, es media cara. A pesar de la falta de aire y de las palpitaciones de nuestro corazón, la esfinge marciana parece natural... no artificial, no una imagen muerta de una cara humana. Probablemente fue esculpida mediante un lento proceso geológico a lo largo de millones de años.

Pero podría estar equivocado. Es difícil estar seguro de un mundo del que hemos visto tan poco en un primerísimo plano. Esas figuras merecen mayor atención con mayor resolución. Seguramente, unas fotos mucho más detalladas de «la Cara» resolverán dudas acerca de la simetría y ayudarán a esclarecer el debate entre geología y escultura monumental. Los pequeños cráteres de impacto que se encuentran sobre «la Cara» o cerca de ella pueden establecer la cuestión de su edad. En el caso (de lo más improbable desde mi punto de vista) que las estructuras cercanas hubieran sido realmente en otro tiempo una ciudad, este hecho también sería obvio con un examen más atento. ¿Hay calles rotas? ¿Almenas en el «fuerte»? ¿Zigurats, torres, templos con columnas, estatuas monumentales, frescos inmensos? ¿O sólo rocas?

Aunque esas afirmaciones fueran extremadamente improbables (como yo creo que son), vale la pena examinarlas. A diferencia del fenómeno de los ovnis, aquí tenemos la oportunidad de realizar un experimento definitivo. Este tipo de hipótesis es desmentible, una propiedad que la introduce perfectamente en el campo científico. Espero que las próximas misiones americanas y rusas a Marte, especialmente orbitadores con cámaras de televisión de alta resolución, realicen un esfuerzo especial para —entre

cientos de otras cuestiones científicas— mirar más de cerca las pirámides y lo que algunas personas llaman «la Cara» y la ciudad.

---000---

Aunque quede claro para todo el mundo que esas figuras de Marte son geológicas y no artificiales, me temo que no desaparecerán las caras monumentales en el espacio (y las maravillas asociadas). Ya hay periódicos sensacionalistas que informan de caras casi idénticas vistas desde Venus hasta Neptuno (¿flotando en las nubes?). Los «descubrimientos» se suelen atribuir a naves espaciales ficticias rusas y a científicos espaciales imaginarios, lo que desde luego dificulta la comprobación de la historia por parte de un escéptico.

Un entusiasta de «la Cara» de Marte anuncia ahora:

AVANCE DE LA NOTICIA DEL SIGLO  
CENSURADA POR LA NASA  
POR TEMOR DE AGITACIÓN RELIGIOSA Y DEPRESIONES.  
EL DESCUBRIMIENTO DE ANTIGUAS RUINAS  
DE EXTRATERRESTRES EN LA LUNA.

Se «confirma» la existencia —en la bien estudiada Luna— de una «ciudad gigante, de las dimensiones de la cuenca de Los Ángeles, cubierta por una inmensa cúpula de vidrio, abandonada hace millones de años y hecha añicos por meteoros, con una torre gigante de más de cinco kilómetros de altura y un cubo gigante de más de un kilómetro cuadrado encima». ¿La prueba? Fotografías tomadas por las misiones rebóticas de la NASA y el Apolo cuya significación fue ocultada por el gobierno e ignorada por todos los científicos lunares de muchos países que no trabajan para el «gobierno».

El *Weekly World News* del 18 de agosto de 1992 informa del descubrimiento por «un satélite secreto de la NASA» de «miles, quizá incluso millones de voces» que emanan del agujero negro del centro de la galaxia M51 y cantan al unísono «Gloria, gloria, gloria al Señor en las alturas» una y otra vez. En inglés. Incluso hay un artículo en un periódico, repleto de ilustraciones, aunque oscuras, de una sonda espacial que fotografió a Dios en las alturas, o al menos sus ojos y el puente de la nariz, en la nebulosa de Orion.

El 20 de julio de 1993, el *WWN* luce en grandes titulares: «¡Clinton se reúne con JFK!», junto con una fotografía falsa de John Kennedy, con la edad que tendría si hubiera sobrevivido al atentado, en una silla de ruedas en Camp David. En páginas interiores se nos informa de otro

aspecto de posible interés. En «Asteroides del día del juicio final», un documento supuestamente de máximo secreto cita las palabras de supuestos científicos «importantes» sobre un supuesto asteroide («M-167») que supuestamente chocará con la Tierra el 11 de noviembre de 1993, y «podría significar el fin de la vida en la Tierra». Se asegura que el presidente Clinton recibe «información constante de la posición y velocidad del asteroide». Quizá fue uno de los temas que discutió en su reunión con el presidente Kennedy. En cierto modo, el hecho de que la Tierra escapase a esta catástrofe no mereció ni siquiera un párrafo de comentario después de haber pasado sin noticias el 11 de noviembre de 1993. Al menos quedó justificado el buen juicio del escritor de titulares de no cargar la primera página con la noticia del fin del mundo.

Algunos consideran que todo eso es una especie de diversión. Sin embargo vivimos en una época en la que se ha identificado una amenaza estadística real a largo plazo del impacto de un asteroide con la Tierra. (Esta realidad de la ciencia es desde luego la fuente de inspiración, si ésta es la palabra adecuada, de la historia del *WWN*.) Las agencias gubernamentales están estudiando qué hacer al respecto. Bulos como éste tiñen el tema de exageración y extravagancia apocalíptica, dificultan que el público pueda distinguir entre los peligros reales y la ficción del periódico, y es concebible que obstaculicen nuestra capacidad de tomar medidas de precaución para mitigar el peligro.

A menudo se presentan demandas contra los periódicos sensacionalistas —a veces por parte de actores y actrices que niegan rotundamente haber realizado actos reprobables— y en ocasiones se barajan grandes sumas de dinero. Esos periódicos deben de considerar estas demandas como el precio de su provechoso negocio. En su defensa, suelen decir que están a merced de sus reporteros y que no tienen responsabilidad institucional para comprobar la verdad de lo que publican. Sal Ivone, editor jefe del *Weekly WorldNews*, comentando las historias que publica, dice: «No descarto que sean producto de imaginaciones activas. Pero, dado el tipo de periódico que hacemos, no tenemos por qué poner en duda una historia.» El escepticismo no vende periódicos. Escritores que han desertado de este tipo de periodismo han descrito las sesiones «creativas» en las que escritores y editores se ponen a inventar historias y titulares sacados de la nada, cuanto más escandalosos mejor.

Entre su gran cantidad de lectores, ¿no hay muchos que se lo creen todo a pies juntillas, que creen que «no podrían» editarlas si no fueran verdad? Algunos lectores con los que he hablado insisten en que sólo leen esta clase de periódicos para entretenerse, como si miraran un espectáculo de «lucha libre» en la televisión, que no se creen nada, que, tanto para el editor

como para el lector, esos periódicos son extravagancias que exploran lo absurdo. Simplemente, existen fuera de cualquier universo atenazado por la norma de las pruebas. Pero mi correspondencia sugiere que un gran número de americanos se los toman francamente en serio.

En la década de los noventa se expande el universo de periódicos de este tipo y va engullendo con voracidad a otros medios de comunicación. Los periódicos, revistas o programas de televisión que se atienen meticulosamente a las restricciones de lo que realmente se conoce pierden clientela en favor de publicaciones con estándares menos escrupulosos. Podemos verlo en la nueva generación de conocidos programas sensacionalistas de televisión, y cada vez más en lo que pasa por programas de noticias e información.

Esos reportajes persisten y proliferan porque venden. Y venden, creo, porque muchos de nosotros deseamos fervientemente una sacudida que nos saque de la rutina de nuestras vidas, que reviva aquella sensación de maravilla que recordamos de la infancia y también, en alguna de las historias, que nos permita ser capaces, real y verdaderamente, de creer... en alguien más viejo, más listo y más sabio que nos cuide. Está claro que a mucha gente no le basta la fe. Buscan evidencias, pruebas científicas. Anhelan el sello científico de aprobación, pero son incapaces de soportar los rigurosos estándares de pruebas que imparten credibilidad a ese sello. ¡Qué alivio sería la abolición de la duda por fuentes fidedignas! Así se nos liberaría de la fastidiosa tarea de cuidarnos a nosotros mismos. Nos preocupa —y con razón— lo que significa para el futuro humano que sólo podamos confiar en nosotros mismos.

Esos son los milagros modernos que proclaman con desvergüenza aquellos que los hacen surgir de la nada, eludiendo cualquier escrutinio formal, y que se pueden comprar a bajo coste en todos los supermercados, grandes almacenes y tiendas. Una de las pretensiones de esos periódicos es hacer ciencia, precisamente el instrumento en el que se basa nuestra incredulidad, confirmar nuestras antiguas fes y establecer una convergencia entre pseudociencia y pseudorreligión.

En general, los científicos abren su mente cuando exploran nuevos mundos. Si supiéramos de antemano lo que íbamos a encontrar, no tendríamos necesidad de ir. Es posible, quizá hasta probable, que en misiones futuras a Marte o a los otros mundos fascinantes de los parajes cósmicos tengamos sorpresas, incluso algunas de proporciones míticas. Pero los humanos tenemos talento para engañarnos a nosotros mismos. El escepticismo debe ser un componente de la caja de herramientas del explorador, en otro caso nos perderemos en el camino. El espacio tiene maravillas suficientes sin tener que inventarlas.



CAPÍTULO 4

EXTRATERRESTRES

---

—Sinceramente, lo que me hace pensar que no hay habitantes en esta esfera es que me parece que ningún ser sensato estaría y dispuesto a vivir aquí.

—Bueno —dijo Micromegas quizá los seres que la habitan no tienen sentido común.

Un extraterrestre a otro,  
al acercarse a la Tierra,  
en *Micromegas: una historia filosófica*  
(1752), de VOLTAIRE

Fuera todavía está oscuro. Estás tendido en la cama, totalmente despierto. Descubres que estás completamente paralizado. Notas que hay alguien en la habitación. Intentas gritar. No puedes. A los pies de la cama hay varios seres grises y pequeños, de apenas un metro de alto. Tienen la cabeza en forma de pera, calva y grande para su cuerpo. Tienen unos ojos enormes, las caras inexpresivas e idénticas. Llevan túnicas y botas. Confías en que se trate de un simple sueño. Pero la impresión que tienes es que está ocurriendo realmente. Te levantan y, misteriosamente, ellos y tú atravesáis la pared de tu cuarto. Flotas en el aire. Subes muy alto hacia una nave espacial metálica en forma de platillo. Una vez dentro, te llevan a una sala de revisión médica. Un ser más grande pero similar —evidentemente, una especie de médico— se encarga de ti. Lo que sigue es todavía más aterrador.

Te exploran el cuerpo con instrumentos y máquinas, especialmente las partes sexuales. Si eres un hombre, puede que te saquen muestras de esperma; si eres mujer, pueden extraerte óvulos o fetos, o implantarte semen. Te pueden obligar a mantener relaciones sexuales. Después te pueden llevar a una habitación diferente donde unos bebés o fetos híbridos, en parte humanos y en parte como esas criaturas, te devuelven la mirada. Puede ser que te amonesten por la mala conducta humana, especialmente por la expoliación del medio ambiente o por permitir la pandemia del sida; se te ofrecen cuadros de devastación futura. Finalmente, esos emisarios grises y melancólicos te conducen fuera de la nave espacial y atraviesan la pared para depositarte en tu cama. Cuando recuperas la capacidad de moverte y hablar... ya no están.

Puede ser que no recuerdes el incidente de inmediato. Quizá simplemente eches en falta un período de tiempo inexplicablemente perdido y te devanes los sesos pensando en él. Como todo eso parece tan raro, te preocupa un poco tu salud mental. Naturalmente, no sientes ninguna

inclinación a hablar de ello. Por otro lado, la experiencia es tan perturbadora que es difícil mantenerla callada. Todo sale a la luz cuando oyes relatos similares, o cuando un terapeuta simpático te hipnotiza, o incluso cuando ves una fotografía de un «extraterrestre» en uno de los muchos libros, revistas populares o «documentales especiales» de televisión sobre los ovnis. Hay gente que dice poder recordar experiencias así desde la más tierna infancia. Piensan que sus propios hijos están siendo abducidos por extraterrestres. Ocurre por familias. Es un programa eugenésico, dicen, para mejorar la raza humana. Quizá los extraterrestres han hecho eso siempre. Quizá, dicen algunos, ése es el origen de los humanos.

Según se revela en repetidas encuestas a lo largo de los años, la mayoría de los americanos creen que nos visitan seres extraterrestres en ovnis. En una encuesta Roper de 1992 —especialmente encargada por los que aceptan la historia de la abducción extraterrestre a pies juntillas— el dieciocho por ciento de casi seis mil adultos americanos dijeron que a veces se despertaban paralizados, conscientes de la presencia de uno o más seres extraños en su habitación. Un trece por ciento declara extraños episodios de tiempo perdido (detención del tiempo), y el diez por ciento declara haber volado por el aire sin asistencia mecánica. Sólo con esos resultados, los promotores de la encuesta concluyen que el dos por ciento de los americanos han sido abducidos, muchos de ellos repetidas veces, por seres de otros mundos. La cuestión de si los encuestados habían sido secuestrados realmente por extraterrestres no se planteó nunca.

Si creyésemos la conclusión alcanzada por los que financiaron e interpretaron los resultados de esta encuesta, y si los extraterrestres no son parciales con los americanos, el número de abducidos en todo el planeta sería superior a cien millones de personas. Eso significa una abducción cada pocos segundos durante las últimas décadas. Es sorprendente que no lo hayan notado más vecinos.

¿Qué ocurre aquí? Cuando uno habla con los que se autodescriben como abducidos, la mayoría parecen muy sinceros, aunque sometidos a fuertes emociones. Algunos psiquiatras que los han examinado dicen que no encuentran más pruebas de psicopatología en ellos que en el resto de la gente. ¿Por qué una persona declararía haber sido abducida por criaturas extraterrestres si no fue así? ¿Podrían equivocarse todas estas personas, o mentir, o alucinar la misma historia (o similar)? ¿O es arrogante y despreciable cuestionar siquiera el sentido común de tantas personas?

Por otro lado, ¿sería posible que hubiera realmente una invasión extraterrestre masiva, que se realizaran procedimientos médicos repugnantes sobre millones de hombres, mujeres y niños inocentes, que se utilizara a los humanos como reproductores durante muchas décadas y que todo eso no

fuera conocido en general y comentado por medios de comunicación, médicos y científicos responsables y por los gobiernos que han jurado proteger la vida y el bienestar de sus ciudadanos? O, como han sugerido muchos, ¿hay una conspiración del gobierno para mantener a los ciudadanos alejados de la verdad?

¿Por qué unos seres tan avanzados en física e ingeniería —que cruzan grandes distancias interestelares y atraviesan paredes como fantasmas— son tan atrasados en lo que respecta a la biología? ¿Por qué, si los extraterrestres intentan llevar sus asuntos en secreto, no eliminan perfectamente todos los recuerdos de las abducciones? ¿Demasiado difícil para ellos? ¿Por qué los instrumentos de examen son macroscópicos y recuerdan tanto lo que podemos encontrar en el ambulatorio del barrio? ¿Por qué tomarse la molestia de repetidos encuentros sexuales entre extraterrestres y humanos? ¿Por qué no robar unos cuantos óvulos y espermatozoides, leer todo el código genético entero y fabricar luego tantas copias como se quiera con las variaciones genéticas que se quiera? Hasta nosotros, los humanos, que todavía no podemos cruzar rápidamente el espacio interestelar ni atravesar las paredes, podemos clonar células. ¿Cómo podríamos ser resultado los humanos de un programa de cría extraterrestre cuando compartimos el 99,6% de genes activos con los chimpancés? Nuestra relación con los chimpancés es más estrecha que la que hay entre ratas y ratones. La preocupación por la reproducción en estos relatos alza una bandera de advertencia, especialmente teniendo en cuenta el inestable equilibrio entre el impulso sexual y la represión social que ha caracterizado siempre a la condición humana, y el hecho de que vivimos en una época repleta de espantosos relatos, verdaderos y falsos, de abuso sexual de niños.

A diferencia de muchos medios de comunicación,<sup>9</sup> los encuestadores de Roper y los que escribieron el informe «oficial» no preguntaron nunca a los encuestados si habían sido abducidos por extraterrestres. Lo dedujeron: los que alguna vez se han despertado con presencias extrañas alrededor, que alguna vez inexplicablemente creían volar por el aire, etc., han sido abducidos. Los encuestadores ni siquiera comprobaron si notar presencias, volar, etc., formaba parte de un mismo incidente o de otro distinto. Su conclusión —que millones de americanos han sido abducidos— es espuria, basada en un planteamiento poco acertado del experimento.

Con todo, al menos cientos de personas, quizá miles, que afirman haber sido abducidas han acudido a terapeutas simpatizantes o se han unido a grupos de apoyo de abducidos. Quizá haya otros con problemas similares

---

<sup>9</sup> Por ejemplo, el *Publishers Weekly* del 4 de septiembre de 1994: «Según una encuesta Gallup [sic], más de tres millones de americanos creen haber sido abducidos por extraterrestres.»

pero, temerosos del ridículo o del estigma de enfermedad mental, se han abstenido de hablar o de pedir ayuda.

Se dice también que algunos abducidos se resisten a hablar por temor a la hostilidad y rechazo de los escépticos de línea dura (aunque muchos aparecen encantados en programas de radio y televisión). Se supone que su desconfianza incluye también a las audiencias que ya creen en abducciones por extraterrestres. Pero quizá haya otra razón: ¿podría ser que los propios sujetos no estuvieran seguros —al menos al principio, al menos antes de contar la historia repetidas veces— de si lo que recuerdan es un acontecimiento externo o un estado mental?

---000---

«Una señal inequívoca del amor a la verdad —escribía John Locke en 1690—, es no mantener ninguna proposición con mayor seguridad de la que garantizan las pruebas en las que se basa.» En el tema de los ovnis, ¿cuál es la fuerza de las pruebas?

La expresión «platillo volante» fue acuñada cuando yo empezaba el instituto. En los periódicos había cientos de historias de naves de otros mundos en los cielos de la Tierra. A mí me parecía bastante creíble. Había otras muchas estrellas y, al menos algunas de ellas, probablemente tenían sistemas planetarios como el nuestro. Muchas eran tan antiguas como el Sol o más, por lo que había tiempo suficiente para que hubiera evolucionado la vida inteligente. El Laboratorio de Propulsión a Chorro de Caltech acababa de lanzar un cohete de dos cuerpos al espacio. Estábamos claramente camino de la Luna y los planetas. ¿Por qué otros seres más viejos y más inteligentes no podían ser capaces de viajar de su estrella a la nuestra? ¿Por qué no?

Eso ocurría pocos años después del bombardeo de Hiroshima y Nagasaki. Quizá los ocupantes de los ovnis estaban preocupados por nosotros e intentaban ayudarnos. O quizá querían asegurarse de que nosotros y nuestras armas nucleares no fuéramos a molestarlos. Mucha gente —miembros respetables de la comunidad, oficiales de policía, pilotos de líneas aéreas comerciales, personal militar— parecía ver platillos volantes. Y, aparte de algunas vacilaciones y risitas, yo no conseguía encontrar argumentos en contra. ¿Cómo podían equivocarse todos esos testigos? Lo que es más, los «platos» habían sido detectados por radar, y se habían tomado fotografías de ellos. Salían en los periódicos y revistas ilustradas. Incluso se hablaba de accidentes de platillos volantes y de unos cuerpecitos de extraterrestres con dientes perfectos que languidecían en los congeladores de las Fuerzas Aéreas en el suroeste.

El ambiente general fue resumido en la revista *Life* unos años más tarde con estas palabras: «La ciencia actual no puede explicar esos objetos como fenómenos naturales, sino únicamente como mecanismos artificiales, creados y manejados por una inteligencia superior». Nada «conocido o proyectado en la Tierra puede dar razón de la actuación de esos mecanismos».

Y, sin embargo, ni un solo adulto de los que yo conocía sentía la menor preocupación por los ovnis. No podía entender por qué. En lugar de eso, se preocupaban por la China comunista, las armas nucleares, el maccarthismo y el alquiler de su vivienda. Yo me preguntaba si tenían claras sus prioridades.

En la universidad, a principios de la década de los cincuenta, empecé a aprender un poco sobre el funcionamiento de la ciencia, sobre los secretos de su gran éxito, el rigor que deben tener los estándares de prueba si realmente queremos saber algo seguro, la cantidad de falsos comienzos y finales bruscos que han infestado el pensamiento humano, lo fácil que es colorear la interpretación de la prueba según nuestras inclinaciones y la frecuencia con que los sistemas de creencia ampliamente aceptados y apoyados por jerarquías políticas, religiosas y académicas resultan ser no sólo ligeramente erróneos sino grotescamente equivocados.

Encontré un libro titulado *Extraordinary Popular Delusions and the Madness of Crowds* [Engaños populares extraordinarios y la locura de la multitud] escrito por Charles Mackay en 1841 y todavía en venta. En él se podían encontrar las historias de repentina prosperidad y posterior quiebra económica de chifladuras como las «burbujas» del Mississippi y el mar del Sur y la extraordinaria demanda de tulipanes holandeses, patrañas que embaucaron a ricos y titulados de muchas naciones; una legión de alquimistas, incluyendo la conmovedora historia del señor Kelly y el doctor Dee (y el hijo de ocho años de Dee, Arthur, inducido por su desesperado padre a comunicarse con el mundo de los espíritus observando un cristal); dolorosos relatos de profecías incumplidas, adivinaciones y predicciones de la suerte; persecución de brujas; casas encantadas; la «admiración popular de grandes ladrones» y muchas cosas más. Estaba también el entretenido retrato del conde de St. Germain, que salió a cenar con la alegre pretensión de que había vivido durante siglos, si no era realmente inmortal. (Cuando, durante la cena, alguien expresó su incredulidad ante el relato de sus conversaciones con Ricardo Corazón de León, se volvió hacia su criado para que lo confirmase. «Olvida, señor —fue la respuesta—, que yo sólo llevo quinientos años a su servicio.» «Ah, es verdad —dijo St. Germain—, esto fue antes de su tiempo.»)

Un llamativo capítulo sobre las Cruzadas empezaba así:

Cada época tiene su locura particular; un plan, proyecto o fantasía al que se lanza, espoleada ya sea por amor de la ganancia, necesidad de excitación o mera fuerza de imitación. Si le falta eso, sufre cierta locura, a la que se ve agujijoneada por causas políticas o religiosas, o ambas combinadas.

La edición que leí la primera vez iba adornada con una cita del financiero y consejero de presidentes Bernard M. Baruch, atestiguando que la lectura del libro de Mackay le había hecho ahorrar millones.

Hay una larga historia de declaraciones falsas de que el magnetismo podía curar enfermedades. Paracelso, por ejemplo, usaba un imán para aspirar las enfermedades del cuerpo y enterrarlas dentro de la Tierra. Pero la figura clave fue Franz Mesmer. Yo había entendido vagamente que la palabra inglesa «*mesmerize*» quería decir algo parecido a hipnotizar. Pero el primer conocimiento real que tuve de Mesmer vino del libro de Mackay. El médico vienés pensaba que las posiciones de los planetas influían en la salud humana, y quedó seducido por las maravillas de la electricidad y el magnetismo. Atendía a la nobleza francesa en declive en visperas de la Revolución. Se reunían en una habitación oscura. Mesmer, vestido con una túnica dorada de seda floreada y blandiendo una varita mágica, hacía sentar a sus pacientes alrededor de una cuba con una solución de ácido sulfúrico. El magnetizador y sus jóvenes ayudantes varones miraban a los pacientes fijamente a los ojos y les frotaban el cuerpo. Ellos se agarraban a unas barras de hierro que sobresalían de la solución o se daban la mano. En un frenesí contagioso, se curaban aristócratas a diestro y siniestro, especialmente mujeres jóvenes.

Mesmer causó sensación. Él lo llamaba «magnetismo animal». Sin embargo, como perjudicaba el negocio de los practicantes de una medicina más convencional, los médicos franceses presionaron al rey Luis XVI para que tomara enérgicas medidas contra él. Mesmer, decían, era una amenaza para la salud pública. La Academia Francesa de las Ciencias nombró una comisión que incluía al químico pionero Antoine Lavoisier y al diplomático americano y experto en electricidad Benjamín Franklin. Realizaron el experimento de control obvio: cuando los efectos magnetizadores se realizaban sin el conocimiento del paciente, no se producía la curación. La conclusión de la comisión fue que las curaciones, si las había, estaban en la mente del que las esperaba. Mesmer y sus seguidores no se dejaron desanimar. Uno de ellos preconizaba más tarde la siguiente actitud para obtener los mejores resultados:

Olvida durante un rato todos tus conocimientos de física... Aleja de tu mente cualquier objeción que se te ocurra... No razones durante un período de seis



semanas... Sé muy crédulo, muy perseverante, rechaza toda la experiencia pasada y no escuches a la razón.

Ah, sí, y un consejo final: «Nunca magnetices ante personas preguntonas.»

Otra sorpresa fue *Caprichos y falacias en nombre de la ciencia* de Martín Gardner. Allí estaba Wilhelm Reich revelando la clave de la estructura de las galaxias en la energía de los orgasmos humanos; Andrew Crosse creando insectos microscópicos eléctricamente con sales; Hans Hórbiger, bajo los auspicios nazis, anunciando que la Vía Láctea no estaba hecha de estrellas sino de copos de nieve; Charles Piazzi Smyth descubriendo en las dimensiones de la Gran Pirámide de Gizeh una cronología del mundo desde la creación hasta el segundo advenimiento; L. Ron Hubbard escribiendo un manuscrito capaz de volver locos a sus lectores (¿lo comprobó alguien?, me preguntaba yo); el caso Bridey Murphy, que hizo creer a millones que tenían al menos una prueba seria de reencarnación; las «demostraciones» de PES (percepción extrasensorial) de Joseph Rhine; la curación de la apendicitis con enemas de agua fría, de enfermedades bacterianas con cilindros de latón y de la gonorrea con luz verde... y, entre todos esos relatos de autoengaño y charlatanería, para mi sorpresa, un capítulo sobre ovnis.

Desde luego, Mackay y Gardner, por el mero hecho de escribir libros catalogando las creencias espurias, me parecían un poco displicentes y superiores. ¿No aceptaban nada? A pesar de todo, me sorprendió la cantidad de declaraciones discutidas y defendidas con pasión que habían quedado en nada. Lentamente me fui dando cuenta de que, existiendo la falibilidad humana, podría haber otras explicaciones para los platillos volantes.

Me había interesado la posibilidad de vida extraterrestre desde pequeño, mucho antes de oír hablar de platillos volantes. He seguido fascinado hasta mucho después de haberse apagado mi entusiasmo primitivo por los ovnis... al entender mejor a este maestro despiadado llamado método científico: todo depende de la prueba. En una cuestión tan importante, la prueba debe ser irrecusable. Cuanto más deseamos que algo sea verdad, más cuidadosos hemos de ser. No sirve la palabra de ningún testigo. Todo el mundo comete errores. Todo el mundo hace bromas. Todo el mundo fuerza la verdad para ganar dinero, atención o fama. Todo el mundo entiende mal en ocasiones lo que ve. A veces incluso ven cosas que no están.

Esencialmente, todos los casos de ovnis eran anécdotas, algo que afirmaba alguien. Los describían de varias formas, como de movimiento rápido o suspendidos en el aire; en forma de disco, de cigarro o de bola; en movimiento silencioso o ruidoso; con un gas de escape llameante o sin gas; acompañado de luces intermitentes o uniformemente relucientes con un matiz plateado, o luminosos. La diversidad de las observaciones indicaba que no

tenían un origen común y que el uso de términos como ovnis o «platillos volantes», sólo servía para confundir el tema al agrupar genéricamente una serie de fenómenos no relacionados.

Había algo extraño en la mera invención de la expresión «platillo volante». En el momento de escribir este artículo tengo delante una transcripción de una entrevista del 7 de abril de 1950 entre Edward R. Murrow, el célebre locutor de la CBS, y Kenneth Arnold, un piloto civil que vio algo peculiar cerca de Mount Rainier, en el estado de Washington, el 24 de junio de 1947 y que en cierto modo acuñó la frase. Arnold afirma que:

los periódicos no me citaron adecuadamente... Cuando hablé con la prensa no me entendieron bien y, con la excitación general, un periódico y otro lo embrollaron de tal modo que nadie sabía exactamente de qué hablaban... Esos objetos más o menos revoloteaban como si fueran, oh, algo así como barcos en aguas muy movidas... Y cuando describí cómo volaban, dije que era como si uno cogiera un platillo y lo lanzara a través del agua. La mayoría de periódicos lo interpretaron mal y también citaron esto incorrectamente. Dijeron que yo había dicho que eran como platillos; yo dije que volaban al estilo de un platillo.

Arnold creía haber visto una sucesión de nueve objetos, uno de los cuales producía un «extraordinario relámpago azul». Llegó a la conclusión de que eran una nueva especie de artefactos alados. Murrow lo resumía: «Fue un error de citación histórico. Mientras la explicación original del señor Arnold se ha olvidado, el término "platillo volante" se ha convertido en una palabra habitual.» El aspecto y comportamiento de los platillos volantes de Kenneth Arnold era bastante diferente de lo que sólo unos años después se caracterizaría rígidamente en la comprensión pública del término: algo como *unfrisbee* muy grande y con gran capacidad de maniobra.

La mayoría de la gente contaba lo que había visto con toda sinceridad, pero lo que veían eran fenómenos naturales, si bien poco habituales. Algunos avistamientos de ovnis resultaron ser aeronaves poco convencionales, aeronaves convencionales con modelos de iluminación poco usuales, globos de gran altitud, insectos luminiscentes, planetas vistos bajo condiciones atmosféricas inusuales, espejismos ópticos y nubes lenticulares, rayos en bola, parhelios, meteoros, incluyendo bólidos verdes, y satélites, morros de cohetes y motores de propulsión de cohetes entrando en la atmósfera de modo espectacular.<sup>10</sup> Es concebible que algunos pudieran ser pequeños cometas que se disipaban en el aire. Al menos, algunos informes de radar se debieron a la «propagación anómala»: ondas de radio que viajan por

---

<sup>10</sup> Hay tantos satélites artificiales por los cielos que siempre se producen exhibiciones llamativas en alguna parte del mundo. Todos los días se desintegran dos o tres en la atmósfera de la Tierra y a menudo los restos llameantes son visibles para el ojo humano.

trayectorias curvadas debido a inversiones de la temperatura atmosférica. Tradicionalmente, también se llamaban «ángeles» de radar: algo que parece estar ahí pero no está. Puede haber apariciones visuales y de radar simultáneas sin que haya nada «allí».

Cuando captamos algo extraño en el cielo, algunos de nosotros nos emocionamos, perdemos la capacidad de crítica y nos convertimos en malos testigos. Existía la sospecha de que aquél era un campo atractivo para picaros y charlatanes. Muchas fotografías de ovnis resultaron ser falsas: pequeños modelos colgados de hilos finos, a menudo fotografiados a doble exposición. Un ovni visto por miles de personas en un partido de fútbol resultó ser una broma de un club de estudiantes universitarios: un trozo de cartón, unas velas y una bolsa de plástico fino, todo bien preparado para hacer un rudimentario globo de aire caliente.

El relato original del platillo accidentado (con los pequeños extraterrestres y sus dientes perfectos) resultó ser un puro engaño. Frank Scully, columnista de *Variety*, comentó una historia que le había contado un amigo petrolero; fue el espectacular reclamo del exitoso libro de Scully de 1950, *Tras los platillos volantes*. Se habían encontrado dieciséis extraterrestres de Venus, de un metro de altura cada uno, en uno de los tres platillos accidentados. Se habían recogido cuadernos con pictogramas extraterrestres. Los militares lo ocultaban. Las implicaciones eran importantes.

Los estafadores eran Silas Newton, que dijo que utilizaba ondas de radio para buscar oro y petróleo, y un misterioso «doctor Gee», que resultó ser un tal señor GeBauer. Newton presentó una pieza de la maquinaria del ovni y tomó fotografías de primer plano del platillo con flash. Pero no permitía una inspección detallada. Cuando un escéptico preparado, haciendo un juego de manos, cambió el engranaje y envió el artefacto a analizar, resultó estar hecho de aluminio de batería de cocina.

La patraña del platillo accidentado fue un pequeño interludio en un cuarto de siglo de fraudes de Newton y GeBauer, que vendían principalmente máquinas de prospección y contratos petroleros sin valor. En 1952 fueron arrestados por el FBI y al año siguiente se los acusó de estafa. Sus proezas — de las que Curtis Peebles hizo la crónica— deberían haber servido de advertencia a los entusiastas de los ovnis sobre historias de platillos accidentados en el suroeste americano alrededor de 1950. No cayó esa breva.

El 4 de octubre de 1957 se lanzó el *Sputnik 1*, el primer satélite artificial en órbita alrededor de la Tierra. De las mil ciento dieciocho visiones de ovnis registradas ese año en Estados Unidos, setecientas una, o sea, el sesenta por ciento —y no el veinticinco por ciento que se podía esperar—, ocurrieron entre octubre y diciembre. Es evidente que el *Sputnik* y la publicidad consiguiente habían generado de algún modo visiones de ovnis.

Quizá la gente miraba más el cielo de noche y veía más fenómenos naturales que no entendía. ¿O podría ser que miraran más hacia arriba y vieran más las naves espaciales extraterrestres que están ahí constantemente?

La idea de los platillos volantes tenía antecedentes sospechosos que se remontaban a una broma consciente titulada *¿Recuerdo Lemuria!*, escrita por Richard Shaver, y publicada en el número de marzo de 1945 de la revista de ciencia ficción *Amazing Stories*. Era exactamente el tipo de lecturas que yo devoraba de pequeño. Se me informaba que hacía ciento cincuenta mil años los extraterrestres espaciales se habían establecido en continentes perdidos, lo que llevó a la creación de una raza de seres demoníacos bajo tierra que eran responsables de las tribulaciones humanas y de la existencia del mal. El editor de la revista, Ray Palmer —que, como los seres subterráneos sobre los que advertía, medía poco más de un metro—, promovió la idea, mucho antes de la visión de Arnold, de que la Tierra era visitada por naves espaciales extraterrestres en forma de disco y que el gobierno ocultaba su conocimiento y complicidad. Con las portadas de esas revistas en los quioscos, millones de americanos estuvieron expuestos a la idea de los platillos volantes bastante antes de que fuera acuñado el término.

Con todo, las pruebas alegadas parecían pocas, y a menudo caían en la credulidad, la broma, la alucinación, la incomprensión del mundo natural, el disfraz de esperanzas y temores como pruebas, y un anhelo de atención, fama y fortuna. Qué lastima, recuerdo haber pensado.

Desde entonces he tenido la suerte de estar involucrado en el lanzamiento de naves espaciales a otros planetas en busca de vida y en la escucha de posibles señales de radio de civilizaciones extraterrestres, si las hubiere, en planetas de estrellas distantes. Hemos tenido algunos momentos seductores. Pero si la señal deseada no llega a cada uno de los escépticos gruñones, no podemos llamarlo prueba de vida extraterrestre, por muy atractiva que encontremos la idea. Simplemente, tendremos que esperar a disponer de mejores datos, si es que algún día llegamos a tenerlos. No hemos encontrado pruebas irrefutables de vida más allá de la Tierra. Pero sólo estamos al principio de la búsqueda. Quizá mañana pueda surgir información nueva y mejor. No creo que nadie esté más interesado que yo en saber si nos visitan o no. Me ahorraría mucho tiempo y esfuerzo poder estudiar directamente y de cerca la vida extraterrestre en lugar de hacerlo indirectamente y a gran distancia. Aun en el caso que los extraterrestres sean bajos, tercos y obsesos sexuales... si están aquí, quiero conocerlos.

Una prueba de lo modestas que son nuestras expectativas de los «extraterrestres» y de lo zafio de los estándares de prueba que muchos de nosotros estamos dispuestos a aceptar puede encontrarse en la historia de los círculos en los cultivos. Originados en Gran Bretaña y extendidos por todo el mundo, era algo que superaba lo extraño.

Los granjeros o transeúntes descubrían círculos (y, en años posteriores, pictogramas mucho más complejos) impresos sobre los campos de trigo, avena, cebada y colza. Empezando con círculos simples a mediados de la década de los setenta, el fenómeno fue progresando año tras año hasta que, a finales de la década de los ochenta y principios de los noventa, el campo, especialmente en el sur de Inglaterra, se vio embellecido por inmensas figuras geométricas, algunas de las dimensiones de un campo de fútbol, estampadas sobre el grano de cereal antes de la cosecha: círculos tangentes a círculos, o conectados por ejes, líneas paralelas inclinadas, «insectoides». Algunas de las formas mostraban un círculo central rodeado por cuatro círculos más pequeños colocados simétricamente... claramente causados, se concluyó, por un platillo volante y sus cuatro trenes de aterrizaje.

¿Una broma? Imposible, decía casi todo el mundo. Había cientos de casos. A veces los hacían en sólo una o dos horas en plena noche, y a gran escala. No se pudieron encontrar huellas de bromistas que se acercaran a los pictogramas. Y además, ¿qué motivo verosímil podía haber para una broma así?

Se ofrecieron muchas conjeturas menos convencionales. Personas con cierta preparación científica inspeccionaron los lugares, hilaron argumentos, fundaron revistas dedicadas en su totalidad al tema. ¿Eran causadas las figuras por extraños remolinos llamados «vórtices columnares», o unos aún más raros llamados «vórtices de anillo»? ¿Y por rayos en bola? Los investigadores japoneses intentaron simular, en el laboratorio y a muy pequeña escala, la física de plasma que creían se abría camino en el lejano Wiltshire.

Pero a medida que las figuras en los cultivos se hacían más complejas, las explicaciones meteorológicas o eléctricas se volvían más forzadas. Sencillamente, los causantes eran los ovnis, extraterrestres que se comunicaban con nosotros en un lenguaje geométrico. O quizá era el diablo, o la Tierra sufriente que se quejaba de las depredaciones infligidas por la mano del hombre. Llegaron manadas de turistas de la «Nueva Era». Todas las noches los entusiastas montaban vigilancia equipados con grabadoras y sistemas de visión de infrarrojos. Los medios de comunicación impresos y electrónicos de todo el mundo seguían las huellas de los intrépidos cerealistas. Un público admirado y estupefacto compraba libros de gran

éxito sobre los extraterrestres deformadores de cosechas. Es cierto que no se llegó a ver ningún platillo colocándose sobre el trigo ni se filmó ninguna figura geométrica en el curso de ser generada. Pero los zahoríes autentificaron su carácter extraterrestre y los canalizadores establecieron contacto con las entidades responsables. Dentro de los círculos se detectó «energía orgónica».

Se formularon preguntas en el Parlamento. La familia real llamó a consulta especial a lord Solly Zuckerman, antiguo consejero científico del Ministerio de Defensa. Se dijo que había fantasmas implicados; también los caballeros templarios de Malta y otras sociedades secretas. Los satanistas estaban involucrados. El Ministerio de Defensa ocultaba todo el asunto. Se consideró en algunos círculos ineptos y poco elegantes que eran intentos de los militares de quitarse a la gente de encima. La prensa sensacionalista salió a escena. El *Daily Mirror* contrató a un granjero y su hijo para que hicieran cinco círculos con la esperanza de tentar al periódico rival, el *Daily Express*, a informar de la historia. El *Express*, al menos en este caso, no cayó en la trampa.

Las organizaciones «cerealógicas» crecieron y se dividieron. Los grupos en competencia se mandaban comunicaciones intimidatorias. Se acusaban de incompetencia o algo peor. El número de «círculos» creció por millares. El fenómeno se extendió hasta Estados Unidos, Canadá, Bulgaria, Hungría, Japón, los Países Bajos. Los pictogramas —especialmente los más completos— empezaron a citarse cada vez más como argumentos a favor de la visita de extraterrestres. Se trazaron forzadas relaciones con «la Cara» de Marte. Un científico al que conozco me escribió que en estas figuras se ocultaban unas matemáticas extremadamente sofisticadas; sólo podían ser el resultado de una inteligencia superior. En realidad, un aspecto en el que coincidían casi todos los cerealistas contendientes es que las últimas figuras en las cosechas eran demasiado complejas y elegantes para haber sido causadas por la intervención humana, menos todavía por algunos bromistas harapientos e irresponsables. La inteligencia extraterrestre era evidente a simple vista...

En 1991, Doug Bower y Dave Chorley, dos amigos de Southampton, anunciaron que llevaban quince años haciendo figuras en las cosechas. Se les ocurrió un día mientras tomaban una cerveza en su pub habitual: el Percy Hobbes. Habían encontrado muy graciosos los informes de ovnis y pensaron que podría ser divertido engañar a los crédulos. Al principio aplanaron el trigo con la pesada barra de acero que Bower utilizaba como mecanismo de seguridad en la puerta trasera de su tienda de marcos de cuadros. Más adelante utilizaron placas y cuerdas. Los primeros dibujos sólo les costaron unos minutos. Pero, como además de bromistas inveterados eran artistas de

verdad, la dimensión del desafío empezó a aumentar. Gradualmente fueron diseñando y ejecutando figuras cada vez más elaboradas.

Al principio nadie pareció darse cuenta. No salía ninguna noticia en los medios de comunicación. La tribu de ufologistas no tenía en cuenta sus formas artísticas. Estuvieron a punto de abandonar los círculos en los cultivos para pasar a otra broma más satisfactoria emocionalmente.

De pronto, los círculos en los cultivos se hicieron muy populares. Los ufologistas se tragarón anzuelo, hilo y plomada. Bower y Chorley estaban encantados, especialmente cuando los científicos empezaron a propagar su considerada opinión de que no podía ser responsable de ellos una inteligencia meramente humana.

Planeaban cuidadosamente todas las salidas nocturnas, a veces siguiendo meticulosos diagramas que habían preparado con acuarelas. Seguían de cerca los pasos de sus intérpretes. Cuando un meteorólogo local dedujo que era una especie de remolino porque todas las cosechas estaban desviadas hacia abajo en un círculo en el sentido de las agujas del reloj, le confundieron haciendo una nueva figura con un anillo exterior aplanado en el sentido contrario.

Pronto aparecieron otras figuras en el sur de Inglaterra y en todas partes. Habían aparecido los bromistas imitadores. Bower y Chorley grabaron un mensaje en el trigo como respuesta: «WEARENOTALONE» [No estamos solos]. Algunos llegaron a considerar que era un mensaje extraterrestre genuino (aunque hubiera sido mejor si hubieran puesto «YOUARENOTALONE» [No estais solos]). Doug y Dave empezaron a firmar sus obras de arte con dos D; incluso eso se atribuyó a un misterioso propósito extraterrestre. Las desapariciones nocturnas de Bower levantaron las sospechas de su esposa Ilene. Sólo con grandes dificultades —acompañando a Dave y Doug una noche, y uniéndose luego a los crédulos para admirar su trabajo al día siguiente— pudo convencerse de que las ausencias del marido, en este sentido, eran inocentes.

A la larga, Bower y Chorley se cansaron de aquella broma cada vez más elaborada. Aunque estaban en condiciones físicas excelentes, los dos tenían ya sesenta años y estaban un poco viejos para operaciones de comando nocturno en campos de granjeros desconocidos y a menudo poco comprensivos. A lo mejor los molestaba la fama y fortuna que acumulaban los que se limitaban a fotografiar su arte y anunciar que los artistas eran extraterrestres. Y los empezó a preocupar que, si esperaban mucho, nadie creería ninguna declaración que hicieran.

Así pues, confesaron. Hicieron una demostración ante los informadores de cómo hacían las formas insectoides más elaboradas. Se podría pensar que ya nunca más se volvería a argüir que es imposible

mantener una broma durante muchos años, y que no volveríamos a oír que es imposible que alguien tenga motivos para engañar a los crédulos y hacerles creer que los extraterrestres existen. Pero los medios de comunicación prestaron poca atención. Los cerealogistas los conminaron a callar; al fin y al cabo, estaban privando a muchos del placer de imaginar acontecimientos maravillosos.

Desde entonces, ha habido otros bromistas de círculos en los cultivos, pero la mayoría de un modo más inconexo y menos inspirado. Como siempre, la confesión de la broma se ve muy eclipsada por la excitación inicial. Muchos habían oído hablar de los pictogramas en campos de cereales y su supuesta relación con los ovnis, pero corrieron un tupido velo cuando surgieron los nombres de Bower y Chorley o la simple idea de que todo el asunto podía ser una broma. Se puede encontrar un *exposé* informativo del periodista Jim Schnabel (*Round in Gíreles*, Penguin Books, 1994), del que he sacado la mayor parte de mi relato. Schnabel se unió pronto a los cerealogistas y al final hizo él mismo unos cuantos pictogramas con éxito. (Él prefiere un rodillo de jardín a una placa de madera, y encontró que simplemente pisando los tallos con los pies se consigue un trabajo aceptable.) Pero la obra de Schnabel, que un crítico calificó de «el libro más divertido que he leído desde hace años», tuvo sólo un éxito modesto. Los demonios venden; los bromistas son aburridos y de mal gusto.

---000---

No se necesita un nivel muy avanzado para dominar los principios del escepticismo, como demuestran la mayoría de los usuarios de coches de segunda mano. La idea general de una aplicación democrática del escepticismo es que todo el mundo debería tener las herramientas esenciales para valorar eficaz y constructivamente las afirmaciones de conocimiento. Lo único que pide la ciencia es que se apliquen los mismos niveles de escepticismo que al comprar un coche usado o al juzgar la calidad de un analgésico o una cerveza a través de los anuncios de la televisión.

Pero las herramientas del escepticismo no suelen estar al alcance de los ciudadanos de nuestra sociedad. Casi nunca se menciona en las escuelas, ni siquiera en la presentación de la ciencia, su más ferviente practicante, aunque el escepticismo también surge espontáneamente de las decepciones de la vida cotidiana. Nuestra política, economía, publicidad y religiones (nuevas y viejas) están inundadas de credulidad. Los que tienen algo que vender, los que desean influir en la opinión pública, los que mandan, podría sugerir un escéptico, tienen un interés personal en no fomentar el escepticismo.



**CAPÍTULO 5**

**ARGUCIAS  
Y  
SECRETOS**

---

Confíe en un testigo en todo  
aquello en lo que no esté  
fuertemente involucrado ni su  
propio interés, ni sus pasiones, ni  
sus prejuicios, ni su amor por lo  
maravilloso. Si lo están, exija una  
prueba que lo corrobore en  
proporción exacta a la  
contravención de la probabilidad  
por la cosa atestiguada.

THOMAS HENRY HUXLEY  
(1825-1895)

Cuando se informó a la madre del célebre abducido Travis Walton de que un ovni había fulminado a su hijo con un rayo y luego se lo había llevado al espacio, contestó con poca curiosidad: «Bueno, así es como ocurren las cosas.» ¿Es así?

Aceptar que en nuestros cielos hay ovnis no es comprometerse a mucho: la palabra «ovni» son las siglas de «objeto volador no identificado». Es un término que incluye algo más que «platillo volante». Que haya cosas que el observador ordinario, o incluso el experto, no entiende, es inevitable. Pero ¿por qué, si vemos algo que no reconocemos, llegamos a la conclusión de que es una nave de las estrellas? Se nos presenta una gran variedad de posibilidades más prosaicas.

Una vez eliminados de la serie de datos los fenómenos naturales, los engaños y las aberraciones psicológicas, ¿queda algún residuo de casos muy creíbles pero extremadamente raros, sobre todo casos sustentados por pruebas físicas? ¿Hay una «señal» oculta en todo este alboroto? Desde mi punto de vista, no se ha detectado ninguna. Hay casos de los que se informa con fiabilidad que no son raros, y casos raros que no son fiables. No hay ningún caso —a pesar de más de un millón de denuncias de ovnis desde 1947— en que la declaración de algo extraño que sólo puede ser una aeronave espacial sea tan fidedigna que permita excluir con seguridad una mala interpretación, tergiversación o alucinación. Todavía hay una parte de mí que dice: «Qué lástima.»

Se nos bombardea regularmente con extravagantes declaraciones sobre ovnis que nos venden en porciones digeribles, pero muy rara vez llegamos a oír algo de su resultado. No es difícil de entender: ¿qué vende más periódicos y libros, qué alcanza una mayor valoración, qué es más divertido de creer, qué es más acorde con los tormentos de nuestra época: un accidente de naves extraterrestres, estafadores experimentados que se aprovechan de los crédulos, extraterrestres de poderes inmensos que juegan con la especie humana o las declaraciones que derivan de la debilidad y la imperfección humana?

A lo largo de los años he dedicado mucho tiempo al problema de los ovnis. Recibo muchas cartas al respecto, a menudo con relatos detallados de primera mano. A veces, el escritor de la carta me promete revelaciones trascendentales si le llamo. Después de dar una conferencia —casi sobre cualquier tema— se me pregunta a menudo: «¿Cree en los ovnis?» Siempre me sorprende la manera de plantear la pregunta, la sugerencia de que se trata de un asunto de fe y no de pruebas. Casi nunca me preguntan: «¿Hasta qué punto son fiables las pruebas de que los ovnis son naves espaciales extraterrestres?»

Por lo que he visto, la manera de proceder de mucha gente está altamente predeterminada. Algunos están convencidos de que el testimonio de un testigo ocular es fiable, que la gente no inventa cosas, que las alucinaciones o tergiversaciones a esta escala son imposibles, y que debe de haber una vieja conspiración gubernamental de alto nivel para ocultarnos la verdad a los demás. La credibilidad en el tema de los ovnis prospera cuando aumenta la desconfianza en el gobierno, que se produce de forma natural en todas aquellas circunstancias en que —en la tensión entre bienestar público y «seguridad nacional»— el gobierno miente. Como se han revelado engaños y conspiraciones de silencio del gobierno en tantos otros asuntos, es difícil argumentar que sería imposible encubrir un tema tan extraño, que el gobierno nunca ocultaría información importante a sus ciudadanos. Una explicación común de la razón de tal encubrimiento es evitar el pánico a nivel mundial o la erosión de la confianza en el gobierno.

Yo fui miembro del comité del Consejo Asesor Científico de las Fuerzas Aéreas de Estados Unidos que investigó el estudio de los ovnis llamado «Proyecto Libro Azul», aunque antes, significativamente, se había llamado «Proyecto Grudge [Fastidio]». Nos encontramos con que el esfuerzo que se estaba realizando era desganado y desechable. A mediados de la década de los sesenta, el cuartel general del «Proyecto Libro Azul» se encontraba en la base de las Fuerzas Aéreas Wright-Patterson de Ohio, donde también estaba la base de la «Inteligencia Técnica Extranjera» (dedicada principalmente a averiguar qué armas nuevas tenían los soviéticos). Contaban con una sofisticada tecnología para la consulta de expedientes. Uno preguntaba por un incidente de ovnis determinado y, como si se tratara de jerseys y trajes de la lavandería, le iban pasando resmas de expedientes por delante hasta que la máquina se paraba al llegar ante el demandante el expediente solicitado.

Pero lo que había en esos expedientes no tenía gran valor. Por ejemplo, ciudadanos respetables declaraban haber visto flotar luces sobre una pequeña ciudad de New Hampshire durante más de una hora, y la explicación del caso era que había una escuadrilla de bombarderos estratégicos de una

base cercana de las Fuerzas Aéreas en ejercicios de instrucción. ¿Podían tardar una hora en atravesar la ciudad los bombarderos? No. ¿Sobrevolaban los bombarderos la ciudad en el momento en que se decía que habían aparecido los ovnis? No. ¿Nos puede explicar, coronel, cómo puede ser que se describa que los bombarderos estratégicos «flotaban»? No. Las negligentes investigaciones del Libro Azul tenían un papel poco científico, pero servían para el importante propósito burocrático de convencer a gran parte del público de que las Fuerzas Aéreas se aplicaban a la tarea y que quizá no había nada tras las denuncias de ovnis.

Desde luego, eso no excluye la posibilidad de que en alguna otra parte se desarrollara otro estudio de los ovnis más serio, más científico (dirigido, por ejemplo, por un general de brigada en lugar de un teniente coronel). Creo que incluso es probable que fuera así, no porque crea que nos visitan extraterrestres sino porque, ocultos en el fenómeno de los ovnis, debe de haber datos considerados en otros tiempos de importante interés militar. Desde luego, si los ovnis son como se dice —aparatos muy rápidos y maniobrables—, los militares tienen la obligación de descubrir cómo funcionan. Si los ovnis eran construidos por la Unión Soviética, las Fuerzas Aéreas tenían la responsabilidad de protegernos. Teniendo en cuenta las notables características de actuación que se les adjudicaba, las implicaciones estratégicas de que hubiera ovnis soviéticos sobrevolando impunemente las instalaciones militares y nucleares norteamericanas eran preocupantes. Si, por otro lado, los ovnis eran construidos por extraterrestres, podríamos copiar la tecnología (si pudiéramos apoderarnos de un solo platillo) y conseguir una clara ventaja en la guerra fría. Y, aunque los militares no creyeran que los ovnis fueran fabricados por soviéticos ni extraterrestres, tenían una buena razón para seguir los informes de cerca.

En la década de los cincuenta, las Fuerzas Aéreas utilizaban ampliamente los globos-sonda, no sólo como plataformas de observación meteorológica, como se anunciaba de manera destacada, y como reflectores de radar, algo que se reconocía, sino también, secretamente, como aparatos de espionaje robótico, con cámaras de alta resolución e interceptación de señales. Mientras los globos en sí no eran muy secretos, sí lo eran la serie de reconocimientos que hacían. La forma de los globos de gran altitud puede parecerse a la de un platillo cuando se ve desde el suelo. Si no se calcula bien la distancia en la que se encuentran, es fácil imaginar que llevan una velocidad absurdamente grande. En ocasiones, propulsados por una ráfaga de viento, hacen un cambio de dirección abrupto, poco característico de un avión y en aparente desafío de la ley de la inercia... si uno no atina a ver que son huecos y no pesan casi nada.

El sistema de globos militares más famoso, que fue probado ampliamente en todo Estados Unidos a principios de los cincuenta, se llamaba «Skyhook». Otros sistemas y proyectos de globos se denominaron «Mogul», «Moby Dick», «Grandson» y «Genetrix». Uner Lidell, que tenía cierta responsabilidad sobre esas misiones en el Laboratorio de Investigación Naval, y que posteriormente fue funcionario de la NASA, me dijo una vez que creía que todos los ovnis denunciados eran globos militares. Aunque decir «todos» es ir demasiado lejos, creo que no se ha apreciado suficientemente su papel. Que yo sepa, no ha habido ningún experimento de control sistemático y deliberado en el que se lanzaran secretamente globos de gran altitud, se hiciera un seguimiento y se anotaran las visiones de ovnis por parte de observadores visuales y por radar.

En 1956, globos de reconocimiento estadounidenses empezaron a sobrevolar la Unión Soviética. En su momento culminante, había docenas de lanzamientos de globos al día. A continuación, los globos fueron sustituidos por aeronaves de gran altitud, como las U-2, que a su vez fueron reemplazadas en gran parte por satélites de reconocimiento. Es evidente que muchos ovnis que datan de este período eran globos científicos, como lo son algunas veces desde entonces. Todavía se lanzan globos de gran altitud, incluyendo plataformas que llevan sensores de rayos cósmicos, telescopios ópticos e infrarrojos, receptores de radio que sondean la radiación cósmica de fondo y otros instrumentos por encima de la mayor parte de la atmósfera de la Tierra.

En 1947 se armó un gran revuelo con uno o más platillos volantes supuestamente accidentados cerca de Roswell, Nuevo México. Hay algunos informes iniciales y fotografías de periódicos del incidente que son totalmente coherentes con la idea de que eran los restos de un globo de gran altitud accidentado. Pero algunos residentes de la región —especialmente décadas después— recuerdan materiales más extraños, jeroglíficos enigmáticos, amenazas del personal militar a los testigos si no callaban lo que sabían y la historia canónica de que se metió en un avión la maquinaria extraterrestre y partes del cuerpo y se envió al Comando de Material Aéreo de la base de las Fuerzas Aéreas de Wright-Patterson. Algunas de las historias del cuerpo extraterrestre recuperado, aunque no todas, están asociadas con este incidente.

Philip Klass, un escéptico que se ha dedicado a los ovnis desde hace mucho tiempo, ha revelado una carta posteriormente desclasificada de fecha de 27 de julio de 1948, un año después del «incidente» Roswell, del general de división C. B. Cabell, entonces director de Inteligencia de las Fuerzas Aéreas (y posteriormente, como oficial de la CIA, una figura central en la fracasada invasión de Cuba en bahía de los Cochinos). Cabell preguntaba a

los que le habían informado qué podían ser los ovnis. Él no tenía ni idea. En una respuesta resumida de 11 de octubre de 1948, que incluía información explícita en posesión del Comando de Material Aéreo, vemos que se dice al director de Inteligencia que tampoco nadie de las Fuerzas Aéreas tiene ninguna pista. Eso hace improbable que el año anterior hubieran llegado fragmentos de ovnis y sus ocupantes a Wright-Patterson.

La principal preocupación de las Fuerzas Aéreas era que los ovnis pudieran ser rusos. Ante el enigma de por qué los rusos probaban los platillos volantes sobre Estados Unidos, se propusieron cuatro respuestas: «1) Socavar la confianza de Estados Unidos en la bomba atómica como el arma más avanzada y decisiva en la guerra. 2) Realizar misiones de reconocimiento fotográfico. 3) Comprobar las defensas aéreas de Estados Unidos. 4) Realizar vuelos de familiarización [para bombarderos estratégicos] sobre el territorio de Estados Unidos.» Ahora sabemos que los ovnis no eran ni son rusos y, por mucho interés que tuvieran los soviéticos por los objetivos 1 a 4, no los perseguían con platillos volantes.

Gran parte de las pruebas relativas al «incidente» Roswell parecen apuntar al lanzamiento de un grupo de globos de gran altitud, quizá desde el campo aéreo de la Armada de Alamogordo o del campo de pruebas de White Sands, que se estrellaron cerca de Roswell; el personal militar recogió apresuradamente los restos de instrumentos secretos, y en seguida aparecieron artículos en la prensa anunciando que era una nave espacial de otro planeta («La RAAF captura platillo volante en un rancho de la región de Roswell») y una serie de recuerdos que van fermentando a lo largo de los años y se avivan ante la oportunidad de un poco de fama y fortuna. (En Roswell hay dos museos que son puntos importantes de la ruta turística.)

Un informe encargado en 1994 por el secretario de las Fuerzas Aéreas y el Departamento de Defensa en respuesta a la insistencia de un congresista de Nuevo México identifica los residuos de Roswell como restos de un sistema de detección acústica de baja frecuencia que llevaban los globos, de largo alcance y altamente secreto, llamado «Proyecto Mogul»: un intento de captar explosiones de armas nucleares soviéticas a altitudes de la tropopausa. Los investigadores de las Fuerzas Aéreas, tras registrar meticulosamente los archivos secretos de 1947, no encontraron pruebas de un aumento de tráfico de mensajes:

No constaban indicaciones ni avisos, observación de alertas, ni un mayor ritmo de actividad operativa que lógicamente se generaría si un aparato extraterrestre, con intenciones desconocidas, entrara en territorio de Estados Unidos... Los registros indican que no ocurrió nada de eso (o, si ocurrió, fue controlado por un sistema de seguridad tan eficiente y estricto que nadie, de Estados Unidos ni de ninguna otra parte, ha podido repetir desde entonces. Si en aquella época

hubiera habido un sistema así, también se habría usado para proteger nuestros secretos atómicos de los soviéticos, pero la historia ha demostrado claramente que no fue ése el caso).

Los objetivos de radar que llevaban los globos fueron fabricados en parte por compañías de juguetes de Nueva York, cuyo inventario de motivos decorativos parece propiciar que muchos años después se recuerden como jeroglíficos extraterrestres.

El apogeo de los ovnis corresponde a la época en que comenzaba a cambiarse el principal vehículo de lanzamiento de armas nucleares de los aviones a los misiles. Un problema técnico importante era la entrada en la atmósfera: hacer volver un morro (de cohete) a través de la atmósfera de la Tierra sin que se queme en el proceso (como se destruyen los pequeños asteroides y cometas al pasar a través de las capas superiores de aire). Algunos materiales, geometrías de morro y ángulos de entrada son mejores que otros. La observación de las entradas (o los lanzamientos más espectaculares) podían revelar muy bien el progreso de Estados Unidos en esta tecnología estratégica vital o, peor, sus defectos de diseño; todo eso podría sugerir a un adversario qué medidas defensivas debía tomar. Como es comprensible, el tema se consideraba altamente delicado.

Es inevitable que hubiera casos en que se ordenara al personal militar no hablar de lo que había visto, o que observaciones aparentemente inocuas fueran clasificadas repentinamente de máximo secreto con criterios limitados a la necesidad de conocimiento. Los oficiales de las Fuerzas Aéreas y los científicos civiles, al pensar en ello años después, podían concluir perfectamente que el gobierno había decidido encubrir los ovnis. Si se considera ovnis a los morros de cohete, la acusación es justa.

Analicemos la argucia. En la confrontación estratégica entre Estados Unidos y la Unión Soviética, la adecuación de las defensas aéreas era un tema vital. Era el punto 3 de la lista del general Cabell. Si se podía encontrar una debilidad, podría ser la clave de la «victoria» en una guerra nuclear incondicional. La única manera segura de probar las defensas de un adversario es hacer volar un avión por encima de sus fronteras y ver cuánto tiempo tarda en constatarlo. Estados Unidos lo hacía de manera rutinaria para probar las defensas aéreas soviéticas.

En la década de los años cincuenta y sesenta. Estados Unidos tenía sofisticados sistemas de defensa de radar que cubrían las costas del este y del oeste, y especialmente sus accesos del norte (por los que seguramente llegaría un ataque de bombarderos o misiles soviéticos). Pero había una parte más vulnerable: no había ningún sistema de aviso eficaz para detectar el acceso desde el sur, mucho más complicado geográficamente. Esta información, desde luego, es vital para un adversario potencial. Sugiere inmediatamente



una argucia: digamos que uno o más de los aviones de alto rendimiento del adversario salen del Caribe, por ejemplo, hacia el espacio aéreo de Estados Unidos y penetran por el río Mississippi unos cientos de kilómetros hasta que los capta un radar de la defensa aérea. Entonces, los intrusos salen inmediatamente de allí. (O, como experimento de control, se comisiona una unidad de aviones de alto rendimiento y se envía en salidas no anunciadas para determinar la porosidad de las defensas aéreas americanas.) En este caso, puede haber avistamientos de observadores militares y civiles y gran número de testimonios independientes. Lo que se relata no corresponde a ninguna aeronave conocida. Las autoridades de las Fuerzas Aéreas y de aviación civil declaran sinceramente que ninguno de sus aviones era responsable. Aunque hayan estado pidiendo al Congreso que financiara un sistema de alarma eficaz en el sur, es improbable que las Fuerzas Aéreas admitan que no han captado la llegada de aviones soviéticos o cubanos hasta que estaban en Nueva Orleans, menos todavía en Memphis.

También aquí tenemos todas las razones para creer que se debió de ordenar a un equipo investigador técnico de alto nivel, a los observadores de las Fuerzas Aéreas y a los civiles que mantuvieran la boca cerrada, y que se diera no sólo la apariencia sino la realidad de la supresión de datos. Tampoco aquí esta conspiración de silencio tiene por qué tener nada que ver con naves aeroespaciales de extraterrestres. Décadas más tarde, todavía hay razones burocráticas para que el Departamento de Defensa siga guardando silencio sobre aquellos problemas. Hay un conflicto potencial de intereses entre las preocupaciones localistas del Departamento de Defensa y la solución del enigma de los ovnis.

Además, algo que preocupaba entonces tanto a la Agencia Central de Inteligencia (CIA) como a las Fuerzas Aéreas era que los ovnis fueran un medio de obstruir los canales de comunicación en una crisis nacional y confundir las observaciones visuales y de radar de aeronaves del enemigo: un problema de señal/ruido que es en cierto modo lo que busca la argucia.

En vista de todo esto, estoy perfectamente dispuesto a creer que al menos algunos informes y análisis de ovnis, y quizá voluminosos archivos, se han hecho inaccesibles al público que paga los impuestos. La guerra fría ha terminado, la tecnología de misil y de globo ha quedado prácticamente obsoleta o está al alcance de todos, y los que podrían sentirse turbados ya no están en el servicio activo. Lo peor, desde el punto de vista militar, es que sería reconocer de nuevo que se confundió o mintió al público americano en interés de la seguridad nacional. Ya es hora de que los archivos dejen de ser reservados y se pongan a disposición general.

Otra intersección instructiva del temperamento de conspiración y la cultura de secreto afecta a la Agencia Nacional de Seguridad (ANS). Esta

organización controla el teléfono, radio y otras comunicaciones tanto de amigos como adversarios de Estados Unidos. Subrepticamente, lee todo el correo del mundo. El tráfico que intercepta diariamente es considerable. En épocas de tensión, gran número del personal de la ANS con conocimiento de los idiomas más importantes se pone los auriculares para escuchar en directo desde las órdenes cifradas del Estado Mayor de la nación objetivo hasta conversaciones íntimas. Para otro tipo de material, los ordenadores destacan palabras clave que reclaman atención humana a mensajes específicos o conversaciones importantes. Se almacena todo, de modo que sea posible volver a revisar las cintas magnéticas: rastrear la primera aparición de una palabra código, por ejemplo, o exigir responsabilidad en una crisis. Algunas interceptaciones se hacen desde puestos de escucha en países cercanos (Turquía para Rusia, India para China), desde aviones y barcos que patrullan por la zona, o desde satélites de observación en la órbita de la Tierra. Hay un baile continuo de medidas y contramedidas entre la ANS y los servicios de seguridad de otras naciones que, como es comprensible, no desean ser escuchadas.

Ahora añadamos a esta mezcla, ya dura de por sí, la Ley de Libertad de Información (LLI). Se formula una demanda a la ANS de toda la información que tenga disponible sobre los ovnis. La ley le exige una respuesta, aunque desde luego sin revelar «métodos y fuentes». La ANS también tiene la obligación seria de no alertar de sus actividades a otras naciones, amigas o enemigas, de un modo inoportuno y molesto políticamente. Así, un informe más o menos típico de los que entrega la ANS en respuesta a una demanda de la LLI tiene tachado un tercio de la página, un fragmento de una línea que dice «informó de un ovni a baja altitud», seguido de dos tercios de página tachados. La ANS sostiene que comunicar el resto de la página comprometería potencialmente las fuentes y métodos, o al menos alertaría a la nación en cuestión de lo libremente que se intercepta su tráfico de radio de aviación. (Si la ANS comunicara transmisiones circundantes, aparentemente inocuas del avión a la torre, sería posible que la nación en cuestión constatará que se escuchan sus diálogos de control de tráfico aéreo militar y pasaran a modos de comunicación —saltos de frecuencia, por ejemplo— que dificultarían las interceptaciones de la ANS.) Pero es comprensible que los que sustentan la teoría de la conspiración de los ovnis, al recibir en respuesta a sus demandas de la LLI docenas de páginas de material con casi todo tachado, deduzcan que la ANS posee amplia información sobre los ovnis y que participa en una conspiración de silencio.

Hablando extraoficialmente con oficiales de la ANS me contaron la siguiente historia: los informes más típicos son de aviones militares o civiles que comunican por radio que ven un ovni, lo que quiere decir que ven un

objeto no identificado en el espacio aéreo circundante. Puede ser incluso un avión estadounidense en misión de reconocimiento o en misiones de distracción. En la mayoría de los casos es algo mucho más ordinario, y la aclaración también se comunica en posteriores informes de la ANS.

Puede usarse una lógica similar para hacer que la ANS parezca parte de cualquier conspiración. Por ejemplo, según dicen, se le pidió una respuesta a una demanda de la LLI sobre lo que supiera del cantante Elvis Presley. (Se habían comunicado apariciones del señor Presley con resultado de curaciones milagrosas.) Bien, la ANS sabía varias cosas. Por ejemplo, que un informe sobre los recursos económicos de cierta nación comunicaba cuántas cintas y discos compactos se habían vendido allí. Esta información también aparecía en un par de líneas rodeadas de un vasto océano de oscuridad censurada. ¿Estaba implicada la ANS en un encubrimiento de Elvis Presley? Aunque desde luego no he investigado personalmente el trabajo de la ANS relacionado con los ovnis, esta historia me parece verosímil.

Si estamos convencidos de que el gobierno nos oculta visitas de extraterrestres, deberíamos enfrentarnos a la cultura de secreto de las fuerzas militares y de inteligencia. Como mínimo podemos presionar para que la información relevante de hace décadas —de las que es un buen ejemplo el informe de las Fuerzas Aéreas sobre el «Incidente Roswell» de julio de 1994— deje de ser reservada.

Puede captarse el estilo paranoico de muchos ufólogos, además de la ingenuidad de la cultura de secreto, en el libro de un antiguo reportero del *New York Times*, Howard Blum (*Out There*, Simón and Schuster, 1990):

Por mucha inventiva que pusiera en el intento, siempre acababa chocando repentinamente con puntos muertos. Toda la historia se perdía siempre, deliberadamente, según acabé creyendo, un poco más allá de mi alcance.

¿Por qué?

Era la gran pregunta, práctica, imposible que se balanceaba ominosamente en la alta cima de mis sospechas crecientes. ¿Por qué todos aquellos portavoces e instituciones se aplicaban con tal connivencia a obstaculizar y obstruir mis esfuerzos? ¿Por qué había historias que un día eran ciertas y al siguiente falsas? ¿Por qué todo aquel afán de secreto tenso e inquebrantable? ¿Por qué los agentes de la inteligencia militar extendían la desinformación y hacían volver locos a los que creían en ovnis? ¿Qué había encontrado allí el gobierno? ¿Qué intentaba ocultar?

Desde luego hay resistencia. Hay información legítimamente reservada; como con las armas militares, a veces realmente el secreto es de interés nacional. Además, las comunidades militar, política y de inteligencia tienden a valorar el secreto por sí mismo. Es una manera de silenciar a los

críticos y eludir acusaciones de incompetencia o algo peor. Genera una élite, un grupo de hermanos a los que se puede conceder de manera fiable la confianza nacional, a diferencia de la gran masa de ciudadanos en representación de los cuales presumiblemente se hace secreta la información. El secreto, con pocas excepciones, es profundamente incompatible con la democracia y la ciencia.

Una de las intersecciones más estimulantes que se han comentado entre los ovnis y el secreto son los llamados documentos MJ-12. A finales de 1984, según cuenta la historia, apareció un sobre que contenía un rollo de película expuesta pero no revelada en el buzón de un productor de cine, Jaime Shandera, interesado en los ovnis y el encubrimiento del gobierno (no deja de ser curioso que ocurriera justo cuando salía para ir a comer con el autor de un libro sobre los supuestos acontecimientos de Roswell, Nuevo México). Cuando revelaron la película, «resultó ser» página tras página de una orden ejecutiva altamente reservada, «sólo para lectura», con fecha de 24 de septiembre de 1947, en la que el presidente Harry S. Truman aparentemente nombraba un comité de doce científicos y oficiales del gobierno para examinar una serie de platillos volantes accidentados y pequeños cuerpos de extraterrestres. La formación del comité MJ-12 es destacable, porque en él constan exactamente los nombres de los miembros militares, de inteligencia, de ciencia e ingeniería que habrían sido convocados a investigar estos accidentes si hubieran ocurrido. En los documentos MJ-12 hay sugestivas referencias a apéndices sobre la naturaleza de los extraterrestres, la tecnología de sus naves y cosas así, pero no se incluyen en la misteriosa película.

Las Fuerzas Aéreas dicen que el documento es falso. El experto en ovnis Philip J. Klass y otros encuentran inconsistencias lexicográficas y tipográficas que sugieren que todo es un engaño. Los que compran obras de arte se preocupan por la procedencia de sus cuadros, es decir, quién fue el último propietario y quién el anterior, y así hasta el artista original. Si faltan eslabones en la cadena —si sólo se puede seguir el rastro de un cuadro de trescientos años de antigüedad durante sesenta y después no tenemos ni idea de en qué casa o museo estaba expuesto— surgen señales de aviso de falsificación. Como el beneficio para los falsificadores de arte es muy alto, los coleccionistas deben ser especialmente cautos. El punto más vulnerable y sospechoso de los documentos MJ-12 radica precisamente en esta cuestión de procedencia: una prueba dejada milagrosamente en el umbral, como salida de una historia de cuento de hadas, quizá «El zapatero y los duendes».

Hay muchos casos similares en la historia humana: súbitamente aparece un documento de procedencia dudosa con información de gran importancia que sostiene con contundencia la argumentación de los que han

hecho el descubrimiento. Después de una cuidadosa, y en algunos casos valiente, investigación se demuestra que el documento es falso. No cuesta nada entender la motivación de los embaucadores. Un ejemplo más o menos típico es el libro del Deuteronomio: lo descubrió el rey Josías en el Templo de Jerusalén y, milagrosamente, en medio de una importante lucha de reforma, encontró en él la confirmación de todos sus puntos de vista.

Otro caso es lo que se llama la Donación de Constantino. Constantino el Grande fue el emperador que hizo del cristianismo la religión oficial del Imperio romano. El nombre de Constantinopla (hoy Estambul), ciudad capital durante miles de años del Imperio romano oriental, viene de él. Murió en el año 337. En el siglo IX empezaron a aparecer referencias a la Donación de Constantino en los escritos cristianos; en ella, Constantino lega a su contemporáneo el papa Silvestre I todo el Imperio romano occidental, incluida Roma. Este pequeño presente, según contaba la historia, se debía a la gratitud de Constantino, que se curó de la lepra gracias a Silvestre. En el siglo XI, los papas se referían con regularidad a la Donación de Constantino para justificar sus pretensiones de ser gobernantes no sólo eclesiásticos sino también seculares de la Italia central. A lo largo de la Edad Media, la Donación se consideró genuina tanto por parte de los que apoyaban las pretensiones temporales de la Iglesia como de los que se oponían.

Lorenzo de Valla era un polígrafo del Renacimiento italiano. Un hombre controvertido, brusco, crítico, arrogante y pedante, que fue atacado por sus contemporáneos por sacrilegio, impudicia, temeridad y presunción... entre otras imperfecciones. Tras concluir que, por razones gramaticales, el credo de los apóstoles no podía haber sido escrito realmente por los doce apóstoles, la Inquisición le declaró hereje y sólo la intervención de su mecenas, Alfonso, rey de Nápoles, impidió que fuera inmolado. Inasequible al desaliento, en 1440 publicó un tratado demostrando que la Donación de Constantino era una burda falsificación. El lenguaje del documento equivalía al latín cortesano del siglo IV como el *cockney* de hoy al inglés normativo. Gracias a Lorenzo de Valla, la Iglesia católica romana ya no reclama el derecho a gobernar las naciones de Europa por la Donación de Constantino. Se cree en general que esta obra, cuya procedencia tiene un vacío de cinco siglos, fue falsificada por un clérigo adscrito a la curia de la Iglesia en la época de Carlomagno, cuando el papado (y especialmente el papa Adriano I) defendía la unificación de la Iglesia y el Estado.

Asumiendo que ambos documentos pertenecen a la misma categoría, los MJ-12 son un engaño más inteligente que la Donación de Constantino. Pero tienen mucho en común en el aspecto de la procedencia, el interés concedido y las inconsistencias lexicográficas.

La idea de un encubrimiento para mantener oculto el conocimiento de vida extraterrestre o de las abducciones durante cuarenta y cinco años, sabiéndolo cientos, si no miles de empleados del gobierno, es notable. Es cierto que los gobiernos guardan secretos rutinariamente, incluso secretos de un interés general sustancial. Pero el objetivo ostensible de tanto secreto es proteger al país y sus ciudadanos. Sin embargo, en este caso es diferente. La supuesta conspiración de los que controlan la seguridad es impedir que los ciudadanos sepan que hay un ataque extraterrestre continuo sobre la especie humana. Si fuera verdad que los extraterrestres abducen a millones de personas, sería mucho más que un asunto de seguridad nacional. Tendría un impacto en la seguridad de todos los seres humanos de la Tierra. Con todo eso en juego, ¿es verosímil que ninguna persona con un conocimiento real y pruebas, en casi doscientas naciones, se decida a tocar las campanas y hablar para ponerse del lado de los humanos y no de los extraterrestres?

Desde el final de la guerra fría, la NASA ha tenido que dedicar grandes esfuerzos a la búsqueda de misiones que justificaran su existencia: particularmente, una buena razón para enviar humanos al espacio. Si la Tierra fuera visitada diariamente por extraterrestres hostiles, ¿no se aferraría la NASA a esta oportunidad para aumentar su financiación? Y si hubiera una invasión de extraterrestres en curso, ¿por qué las Fuerzas Aéreas, dirigidas tradicionalmente por pilotos, iban a abandonar los vuelos espaciales tripulados para lanzar todas sus cápsulas en cohetes sin tripulación?

Consideremos la antigua Organización de Iniciativa de Defensa Estratégica, responsable de la «guerra de las galaxias». Ahora pasa un mal momento, especialmente en su objetivo de establecer defensas en el espacio. Se han degradado su nombre y sus perspectivas. Actualmente es la Organización de Defensa contra Misiles Balísticos. Ya ni siquiera informa directamente al Ministerio de Defensa. La incapacidad de esta tecnología de proteger a Estados Unidos contra un ataque masivo mediante misiles con armas nucleares es manifiesta. Pero, si nos enfrentáramos a una invasión extraterrestre, ¿no intentaríamos al menos desplegar defensas en el espacio?

El Departamento de Defensa, como los ministerios similares de todas las naciones, prosperan con enemigos, reales o imaginarios. No tiene ningún sentido pensar que la existencia de un adversario como éste sea ocultada por la organización que más se beneficiaría de su presencia. La posición general posterior a la guerra fría de los programas espaciales militar y civil de Estados Unidos (y otras naciones) hablan poderosamente contra la idea de que haya extraterrestres entre nosotros... a no ser, desde luego, que también se oculte la noticia a los que planifican la defensa nacional.

Igual que hay quien acepta a pies juntillas cualquier informe sobre ovnis, los hay que descartan la idea de visitas extraterrestres de entrada y con gran pasión. Dicen que es innecesario examinar las pruebas y «acientífico» considerar siquiera el tema. En una ocasión colaboré en la organización de un debate público en la reunión anual de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia entre científicos partidarios y oponentes de la propuesta de que algunos ovnis eran naves espaciales; después de ello, un distinguido físico, cuya opinión en muchos otros asuntos yo respetaba, me amenazó con denunciarme al vicepresidente de Estados Unidos si insistía en tal locura. (Con todo, el debate se mantuvo y se publicó, los temas quedaron un poco más aclarados y no recibí noticias de Spiro T. Agnew.)

Un estudio de 1969 de la Academia Nacional de Ciencias, aunque reconociendo que había informes «no fácilmente explicables», concluía que «la explicación menos probable de los ovnis es la hipótesis de visitas de seres extraterrestres inteligentes». Pensemos en cuántas «explicaciones» distintas puede haber: viajeros del tiempo, demonios de la tierra de las brujas; turistas de otra dimensión —como el señor Mxyzptik (¿o era Mxyzptik?, siempre lo olvido) de la tierra de Zrfff en la Quinta Dimensión en los antiguos cómics de *Superman*—; las almas de los muertos, o un fenómeno «no cartesiano» que no obedece a las normas de la ciencia o ni siquiera de la lógica. En realidad, cada una de esas «explicaciones» se ha propuesto con seriedad. Decir «menos probable» no es poco. Este exceso retórico es una muestra de lo desagradable que ha llegado a ser el tema en general para muchos científicos.

Es significativo que un asunto del que en realidad sabemos tan poco provoque tantas emociones. Especialmente es así en el frenesí de denuncias de abducciones por extraterrestres más reciente. Al fin y al cabo, de ser ciertas, ambas hipótesis —la invasión de manipuladores sexuales extraterrestres o una epidemia de alucinaciones— nos enseñan algo que deberíamos saber. Quizá la razón de que las reacciones sean tan fuertes es que las dos alternativas tienen implicaciones desagradables.

## *Aurora*

*El número de informes y su consistencia  
sugieren que la base de estas observaciones puede ser distinta  
de las drogas alucinógenas.*

*Aeronave misteriosa, informe,*

*Federación de Científicos Americanos,*

*20 de agosto de 1992*

*La Aurora es una aeronave de gran altitud, extremadamente secreta, sucesora del U-2 y el SR-71 Blackbird. Puede ser que exista o que no exista. En 1993, los informes de observadores cerca de la base Edwards de las Fuerzas Aéreas de California y en Groom Lake, Nevada, y especialmente en una región de Groom Lake llamada Área 51 donde se prueban las aeronaves experimentales del Departamento de Defensa, parecían en general coherentes unos con otros. Se recogieron informes de confirmación de todo el mundo. A diferencia de sus predecesoras, se dice que la aeronave es hipersónica, que viaja a una velocidad mayor, quizá de seis a ocho veces, que el sonido. Deja una extraña estela descrita como «donuts en una cuerda». Quizá también sea un medio de poner en órbita pequeños satélites secretos, desarrollados, se especula, después de que el desastre del Challenger indicara la poca fiabilidad del transbordador para cargas explosivas de defensa. Pero la CIA «jura categóricamente que no existe este programa», dice el senador y antiguo astronauta John Glenn. El principal diseñador de algunas de las aeronaves más secretas de Estados Unidos dice lo mismo. Un secretario de las Fuerzas Aéreas ha negado con vehemencia la existencia de un avión así, o de un programa para construirlo, en las Fuerzas Aéreas o en ninguna otra parte. ¿Ha mentado? «Hemos analizado todas esas visiones, como hemos hecho con los informes de ovnis», dice un portavoz de las Fuerzas Aéreas, en palabras quizá cuidadosamente elegidas, «y no podemos dar una explicación». Mientras tanto, en abril de 1995, las Fuerzas Aéreas se hicieron con cuatro mil acres más cerca del Área 51. La zona a la que se niega el acceso público va creciendo.*

*Consideremos pues las dos posibilidades: que la Aurora exista y que no exista. Si existe, es asombroso que se haya intentado encubrir oficialmente su existencia, que el secreto pueda ser tan efectivo y que el avión pueda ser probado o repostar en todo el mundo sin que se publique una sola fotografía o alguna prueba fehaciente. Por otro lado, si la Aurora no existe, es asombroso que se haya propagado un mito de manera tan vigorosa y haya llegado tan lejos. ¿Por*



*qué las insistentes negativas oficiales han tenido tan poco peso? ¿La mera existencia de una designación —la Aurora en este caso— puede servir para poner una etiqueta común a una serie de fenómenos diversos? En cualquier caso, la Aurora parece ser pertinente para los ovnis.*

**CAPITULO 6**

**ALUCINACIONES**

Como tiemblan los niños y lo temen  
todo en la ciega oscuridad,  
así nosotros en la luz tememos  
a veces lo que no es más temible,  
que lo que los niños en la oscuridad  
contemplan con terror...

LUCRECIO,  
*De la naturaleza de las cosas*  
(60 a. J.C. aprox.)

Los anunciantes tienen que conocer a su público. Se trata de un simple asunto de supervivencia del producto y la empresa. Por tanto, si examinamos los anuncios que se publican en revistas dedicadas a ovnis, podemos saber la visión que tiene la empresa comercial y libre de Norteamérica del entusiasmo por los ovnis. A continuación, una lista de titulares de anuncio (francamente típicos) de un ejemplar de *UFO Universe*:

- Un científico investigador descubre un secreto de dos mil años de antigüedad para obtener riqueza, poder y amor romántico.
- ¡Reservado! Más que *top-secret*. Por fin, un oficial militar retirado revela la conspiración gubernamental más sensacional de nuestra época.
- ¿Cuál es tu «misión especial» en la Tierra? ¡Ha empezado el despertar cósmico de los pocos trabajadores, paseantes y representantes natos de las estrellas!
- Llega lo que esperabas hace tiempo: veinticuatro magníficos sellos de los espíritus ovnis que te ofrecerán una mejora de vida increíble:
- Yo tengo chica. ¿Y tú? ¡No te lo pierdas! ¡Consigue chicas ya!
- Suscríbese hoy mismo a la revista más asombrosa del universo.
- ¡Deje que entre en su vida la buena suerte, el amor y el dinero milagrosos! ¡Esos poderes han funcionado durante siglos! ¡Pueden funcionar para usted!
- Avance sorprendente en la investigación psíquica. ¡Bastan cinco minutos para demostrar que los poderes mágicos psíquicos funcionan realmente!
- ¿Se atreve a ser afortunado, amado y rico? ¡Le garantizamos que la buena suerte se cruzará en su camino! Consiga todo lo que quiera con los talismanes más poderosos del mundo.
- Hombres de negro: ¿agentes del gobierno o extraterrestres?
- Aumente el poder de piedras preciosas, hechizos, sellos y símbolos. Mejore la eficacia de todo lo que hace. Aumente su poder y capacidad mental con el MAGNIFICADOR de poder mental.
- El famoso imán del dinero: ¿le gustaría tener más?

- Testamento de Lael, Escrituras Sagradas de una civilización perdida.
- Un nuevo libro del «Comandante X» desde la luz interior: identificados los controladores, los gobernantes ocultos de la Tierra. ¡Somos propiedad de una inteligencia extraterrestre!

¿Cuál es el hilo común que une todos esos anuncios? No son los ovnis. Seguramente es la expectativa de una credulidad ilimitada de la audiencia. Por eso aparecen en revistas de ovnis: en general, el simple hecho de comprar una revista de ese tipo define al lector. Sin duda, hay compradores moderadamente escépticos y totalmente racionales de revistas así que se ven seducidos por las expectativas de anunciantes y editores. Pero, si aciertan con el grueso de sus lectores, ¿qué podría significar eso para el modelo de la abducción por extraterrestres?

De vez en cuando recibo una carta de alguien que está en «contacto» con los extraterrestres. Me invitan a «preguntarles algo». Y así, a lo largo de los años, he confeccionado una pequeña lista de preguntas. Los extraterrestres son seres muy avanzados, recordemos. Así pues, pido cosas como: «Le ruego que me proporcione una pequeña prueba del último teorema de Fermat.» O de la conjetura Goldbach. Y luego tengo que explicarles qué es, porque no creo que los extraterrestres le llamen último teorema de Fermat. Así pues, escribo la simple ecuación con los exponentes. Nunca consigo una respuesta. Por otro lado, si pregunto algo así como: «¿debemos ser buenos?», casi siempre consigo respuesta. A estos extraterrestres les encanta contestar cualquier pregunta vaga, sobre todo si entraña juicios morales. Pero, en cosas específicas donde cabe la posibilidad de descubrir si realmente saben algo más que la mayoría de los humanos, la respuesta es el silencio.<sup>11</sup> Quizá pueda deducirse algo de esta diferente capacidad de responder preguntas.

En los viejos tiempos anteriores a la abducción por extraterrestres, a las personas que subían a bordo de un ovni, según informaban ellas mismas, les ofrecían lecturas edificantes sobre los peligros de la guerra nuclear. Ahora que ya estamos instruidos, los extraterrestres parecen concentrados en la degradación del medio ambiente y el sida. ¿Cómo es, me pregunto, que los ocupantes de los ovnis están tan sujetos a las preocupaciones o urgencias de este planeta? ¿Por qué ni siquiera una advertencia ocasional sobre los CFC y la reducción del ozono en la década de los cincuenta, o sobre el virus del VIH en la de los setenta, cuando realmente hubiera podido ser útil? ¿Por qué no alertarnos de una amenaza a la salud pública o el medio ambiente que aún no hayamos imaginado? ¿Puede ser que

---

<sup>11</sup> Es un ejercicio estimulante pensar preguntas de las que ningún humano sabe actualmente la respuesta pero que se podría reconocer inmediatamente de ser ésta la correcta. Aún es más desafiante formular estas preguntas en campos distintos de las matemáticas. No estaría mal

los extraterrestres sepan sólo lo que saben los que informan de su presencia? Y si uno de los objetivos principales de las visitas de extraterrestres es advertirnos de los peligros globales, ¿por qué decirlo sólo a algunas personas cuyos relatos son sospechosos en todo caso? ¿Por qué no ocupar las cadenas de televisión durante una noche, o aparecer con vívidos audiovisuales admonitorios ante el Consejo de Seguridad de las Naciones Unidas? Sin duda, no sería tan difícil para seres que vuelan a través de años luz.

---000---

El primer «contactado» por los ovnis que tuvo éxito comercial fue George Adamski. Tenía un pequeño restaurante en la falda del monte Palomar de California y montó un pequeño telescopio en el patio trasero. En la cima de la montaña se encontraba el mayor telescopio de la Tierra; el reflector de doscientas pulgadas de la Institución Carnegie de Washington y del Instituto de Tecnología de California. Adamski se adjudicó el título de *profesor Adamski del Observatorio* de monte Palomar. Publicó un libro —que causó sensación, lo recuerdo— en el que describía que en el desierto cercano había encontrado a unos extraterrestres bien parecidos con largos cabellos rubios y, si no me falla la memoria, con túnicas blancas, que le advirtieron de los peligros de una guerra nuclear. Hablaban desde el planeta Venus (cuyos 900° Fahrenheit de temperatura de superficie se alzan ahora como barrera a la credibilidad de Adamski). En persona era francamente convincente. El oficial de las Fuerzas Aéreas nombrado responsable de las investigaciones sobre los ovnis de la época describió a Adamski con estas palabras:

Al escuchar su historia cara a cara, tenía una necesidad inmediata de creerle. Quizá fuera su aspecto. Llevaba un mono gastado pero limpio. Tenía el pelo ligeramente gris y los ojos más sinceros que he visto en mi vida.

La estrella de Adamski se fue apagando con los años, pero publicó algún libro más por su cuenta y durante mucho tiempo fue una gran atracción en las convenciones de «creyentes» en platillos volantes.

La primera historia de abducción por extraterrestres del género moderno fue la de Betty y Barney Hill, una pareja de New Hampshire: trabajadora social ella y empleado de Correos él. Un día de 1961 atravesaban a altas horas de la noche las White Mountains cuando a Betty le pareció ver un ovni brillante, inicialmente como una estrella, que parecía seguirlos. Ante el temor de Barney de ser víctimas de un ataque, abandonaron la carretera principal y se metieron por estrechos caminos de montaña, llegando a casa dos horas más tarde de lo previsto. El experimento incitó a Betty a leer un

---

organizar un concurso para recoger las diez mejores respuestas a «Diez preguntas para plantear a un extraterrestre».

libro que describía a los ovnis como naves espaciales de otros mundos; sus ocupantes eran hombres pequeños que a veces abducían a humanos.

Poco después experimentó repetidas veces una pesadilla aterradora en la que ella y Barney eran abducidos y llevados a bordo de un ovni. Barney escuchó cómo describía el sueño a unos amigos, compañeros de trabajo e investigadores voluntarios de ovnis. (Es curioso que Betty no comentara el tema directamente con su esposo.) Algo así como una semana después de la experiencia, describieron el ovni como una «torta» con figuras uniformadas que se veían a través de las ventanillas transparentes del aparato.

Varios años después, el psiquiatra de Barney le envió a un hipnoterapeuta de Boston, Benjamín Simón, doctor en medicina. Betty le acompañó para ser hipnotizada también. Bajo hipnosis, ambos describieron por separado los detalles de lo que había ocurrido durante las dos horas «perdidas»: vieron aterrizar el ovni en la carretera y, parcialmente inmovilizados, los llevaron al interior del aparato... donde unas criaturas pequeñas, grises, humanoides de nariz larga (un detalle discordante con el paradigma del momento) los sometieron a exámenes médicos no convencionales, incluyendo la introducción de una aguja en el ombligo de ella (antes de que se hubiera inventado la amniocentesis en la Tierra). Ahora hay quien cree que sacaron óvulos de los ovarios de Betty y esperma de Barney, aunque eso no forma parte de la historia original.<sup>12</sup> El capitán enseñó a Betty un mapa del espacio interestelar con las rutas de la nave marcadas.

Martín S. Kottmeyer ha demostrado que muchos de los motivos del relato de los Hill pueden encontrarse en una película de 1953, *Invasores de Marte*. Y la historia de Barney sobre el aspecto de los extraterrestres, especialmente sus enormes ojos, surgió en una sesión de hipnosis sólo doce días después de la emisión de un episodio de la serie de televisión *The Outer Limits* en la que salía un extraterrestre así.

El caso Hill fue ampliamente comentado. En 1975 se hizo una película de televisión que introdujo la idea de que hay abductores extraterrestres bajitos y grises entre nosotros en la psique de millones de personas. Pero hasta los pocos científicos de la época que creían que algunos ovnis podían ser realmente naves espaciales extraterrestres se mostraron cautelosos. El supuesto encuentro brillaba por su ausencia en la sugerente lista de casos de ovnis recopilada por James E. McDonald, un físico meteorólogo de la Universidad de Arizona. En general, los científicos que han estudiado los ovnis en serio han tendido a mantener los relatos de abducción por extraterrestres a distancia... mientras que los que aceptan a

---

<sup>12</sup> En tiempos más recientes, la señora Hill ha escrito que en las verdaderas abducciones por extraterrestres «no se muestra ningún interés sexual. Sin embargo, con frecuencia se quedan algunas pertenencias [del abducido], como cañas de pescar, joyas de distintos tipos, gafas o un poco de detergente».

pies juntillas las abducciones ven pocas razones para analizar simples luces en el cielo.

El punto de vista de McDonald sobre los ovnis no se basaba, según él, en pruebas irrefutables, sino que era una conclusión como último recurso: todas las explicaciones alternativas le parecían aún menos creíbles. A mediados de la década de los setenta organicé una presentación por parte de McDonald de sus mejores casos en una reunión privada con importantes físicos y astrónomos que nunca habían apostado por el tema de los ovnis. No sólo no consiguió convencerlos de que recibíamos la visita de extraterrestres; ni siquiera consiguió provocar su interés. Y era un grupo con una capacidad de asombro muy alta. Era simplemente que donde McDonald veía extraterrestres, ellos encontraban explicaciones mucho más prosaicas.

Me agradó tener la oportunidad de pasar unas horas con el señor y la señora Hill y con el doctor Simón. La seriedad y sinceridad de Betty y Barney eran indudables, como su temor de convertirse en figuras públicas en unas circunstancias tan extrañas y difíciles. Con el permiso de los Hill, Simón me permitió escuchar (y, a petición mía, a McDonald conmigo) algunas de las cintas de sus sesiones bajo hipnosis. Lo que más me impresionó, sin comparación, fue el terror absoluto de la voz de Barney cuando describía — «revivía» sería una palabra más adecuada— el encuentro.

Simón, aunque prominente defensor de las virtudes de la hipnosis en la guerra y en la paz, no había caído en el frenesí público por los ovnis. Compartía generosamente los derechos de autor del exitoso libro de John Fuller, *El viaje interrumpido*, sobre la experiencia de los Hill. Si Simón hubiera declarado la autenticidad de su relato, las ventas del libro se podían haber disparado y él habría aumentado considerablemente sus ganancias. También rechazó al instante la idea de que mentían o, como sugirió otro psiquiatra, que se trataba de *una folie á deux*: una ilusión compartida en la que, generalmente, el miembro recesivo sigue el delirio del dominante. ¿Qué queda entonces? Los Hill, dijo el psicoterapeuta, habían experimentado una especie de «sueño». Juntos.

----000---

Es perfectamente posible que haya más de una fuente de relatos de abducción por extraterrestres, igual que las hay para observaciones de ovnis. Consideremos algunas posibilidades.

En 1894 se publicó en Londres *El Censo Internacional de Alucinaciones en vigilia*. Desde entonces hasta ahora, en repetidas encuestas se ha mostrado que del diez al veinticinco por ciento de las personas normales han experimentado al menos una vez en su vida una alucinación



vívida: normalmente, oír una voz o ver una forma inexistente. En casos más raros, perciben un aroma que los persigue, oyen una música o tienen una revelación que les llega independiente de los sentidos. En algunos casos se convierten en acontecimientos que transforman a la persona o en profundas experiencias religiosas. Las alucinaciones podrían ser una puertecita olvidada en el muro que llevaría a una comprensión científica de lo sagrado.

Probablemente, desde que murieron, he oído una docena de veces la voz de mi madre o mi padre, en tono de conversación, diciendo mi nombre. Desde luego, cuando vivían me llamaban a menudo: para hacer una tarea, para recordarme una responsabilidad, ir a cenar, entablar una conversación, hablar sobre un acontecimiento del día. Los echo tanto en falta que no me parece nada extraño que mi cerebro capte un recuerdo lúcido de sus voces.

Este tipo de alucinaciones pueden afectar a personas perfectamente normales en circunstancias perfectamente ordinarias. También pueden provocarse: por una hoguera en el campo por la noche, por estrés emocional, durante ataques de epilepsia, migrañas o fiebres altas, ayunos prolongados o insomnio<sup>13</sup> o privación sensorial (por ejemplo, en confinamiento solitario), o mediante alucinógenos como LSD, psilocibina, mescalina o hachís. (El delirium trémens, el temible «DT» inducido por el alcohol, es una manifestación conocida de un síndrome de abstinencia del alcoholismo.) También hay moléculas, como las fenotiazidas (tioridazina, por ejemplo), que hacen desaparecer las alucinaciones. Es muy probable que el cuerpo humano normal genere sustancias —incluyendo quizá las pequeñas proteínas del cerebro de tipo morfina como las endorfinas— que causan alucinaciones, y otras que las eliminan. Exploradores tan famosos (y poco histéricos) como el almirante Richard Byrd, el capitán Joshua Slocum y sir Ernest Shackleton experimentaron vividas alucinaciones cuando se vieron sometidos a un aislamiento y soledad poco habituales.

Cualesquiera que sean sus antecedentes neurológicos y moleculares, las alucinaciones producen una sensación real. En muchas culturas se buscan y se consideran una señal de ilustración espiritual. Entre los nativos americanos de las praderas del Oeste, por ejemplo, o en muchas culturas indígenas de Siberia, la naturaleza de la alucinación que experimentaba un hombre joven después de una «búsqueda de visión» con éxito presagiaba su

---

<sup>13</sup> Los Sueños se asocian a un estado llamado REM, abreviación habitual de *rapid eye movement*. (Bajo los párpados cerrados, los ojos se mueven, quizá siguiendo la acción en el sueño, o quizá de manera aleatoria.) El estado REM está fuertemente relacionado con la excitación sexual. Se han realizado experimentos en los que se despierta a los sujetos dormidos cada vez que emerge el estado REM, mientras a los miembros de un grupo de control se los despierta con la misma frecuencia todas las noches pero no cuando sueñan. Pasados unos días, el grupo de control está un poco tambaleante, pero el grupo experimental —al que se impide soñar— alucina durante el día. No es que se pueda hacer alucinar de ese modo a algunas personas con una anomalía particular; cualquiera es capaz de alucinar.

futuro; se discutía su significado con gran seriedad entre los ancianos y chamanes de la tribu. Hay ejemplos incontables en las religiones del mundo de patriarcas, profetas y salvadores que se retiran al desierto o la montaña y, con la ayuda del hambre y la privación sensorial, encuentran dioses o demonios. Las experiencias religiosas de inducción psicodélica eran la marca de la cultura juvenil occidental de la década de los sesenta. La experiencia, como quiera que haya aparecido, se describe a menudo respetuosamente con palabras como «trascendental», «sobrenatural», «sagrada» y «santa».

Las alucinaciones son comunes. Tenerlas no significa estar loco. La literatura antropológica está repleta de etnopsiquiatría de la alucinación, sueños REM y trances de posesión que tienen muchos elementos comunes transculturalmente y a través de los tiempos. Las alucinaciones se suelen interpretar como posesión de espíritus buenos o malos. El antropólogo de Yale Weston La Barre llega incluso a argüir que «podría defenderse sorprendentemente bien que gran parte de la cultura es alucinación» y que «toda la intención y función del ritual parece ser... el deseo de un grupo de alucinar».

Incluimos a continuación una descripción de alucinaciones como un problema de relación señal/ruido de Louis J. West, antiguo director médico de la clínica Neuropsiquiátrica de la Universidad de California, Los Ángeles. Está tomada de la decimoquinta edición de la *Enciclopedia Británica*:

...imaginemos a un hombre de pie ante el cristal de una ventana cerrada que se encuentra delante del hogar encendido, mirando hacia el jardín a la puesta de sol. Está tan absorto por la visión del mundo de fuera que no consigue visualizar el interior de la habitación donde está. Sin embargo, a medida que en el exterior va oscureciendo, en la ventana puede verse el reflejo de imágenes de la habitación detrás de él. Durante un rato puede mirar al jardín (si mira hacia la distancia) o el reflejo del interior de la habitación (si fija la vista en el cristal a pocos centímetros de su cara). Caе la noche, pero la llama del fuego sigue brillando en el hogar e ilumina la habitación. Ahora el observador ve un vivo reflejo en el cristal del interior de la habitación que tiene detrás, que parece estar al otro lado de la ventana. Esta ilusión se va atenuando al irse apagando el fuego y, finalmente, cuando está oscuro tanto fuera como dentro, no se ve nada más. Si se reaviva la llama del fuego de vez en cuando, reaparecen las visiones en el cristal.

De un modo análogo, las experiencias alucinatorias como las de los sueños normales ocurren cuando se reduce la «luz del día» (input sensorial) mientras la «iluminación interior» (nivel general de excitación cerebral) sigue siendo «brillante» y las imágenes que se originan dentro de las «salas» de nuestros cerebros pueden ser percibidas (alucinadas) como si vinieran de fuera de las «ventanas» de nuestros sentidos.

Otra analogía podría ser que los sueños, como las estrellas, siempre están brillando. Aunque de día no suelen verse las estrellas porque el sol brilla demasiado, si hay un eclipse de sol durante el día, o si un espectador decide estar atento un rato después de la puesta o antes de la salida del sol, o si se despierta de vez en cuando en una noche clara para mirar al cielo, las estrellas, como los sueños, aunque a menudo olvidadas, pueden ser vistas siempre.

Un concepto más relacionado con el cerebro es el de una actividad continua de procesamiento de información (una especie de «corriente preconsciente») que recibe continuamente la influencia de fuerzas tanto conscientes como inconscientes y que constituye el suministro potencial de contenido del sueño. El sueño es una experiencia en la que, durante unos minutos, el individuo tiene cierta conciencia de la corriente de datos que se procesan. Las alucinaciones en estado de vigilia implicarían también el mismo fenómeno, producido por una serie algo distinta de circunstancias psicológicas o fisiológicas...

Parece ser que toda la conducta y experiencia humana (tanto normal como anormal) va acompañada de fenómenos ilusorios y alucinatorios. Mientras la relación de estos fenómenos con la enfermedad mental ha sido bien documentada, quizá no se ha considerado bastante su papel en la vida cotidiana. Una mayor comprensión de las ilusiones y alucinaciones entre gente normal puede proporcionar explicaciones para experiencias relegadas de otro modo a lo misterioso, «extrasensorial» o sobrenatural.

Seguramente perderíamos algo importante de nuestra propia naturaleza si nos negáramos a enfrentarnos al hecho de que las alucinaciones son parte del ser humano. Sin embargo, eso no hace que las alucinaciones sean parte de una realidad externa más que interna. Del cinco al diez por ciento de las personas somos extremadamente sugestionables, capaces de entrar en un profundo trance hipnótico a una orden. Aproximadamente, el diez por ciento de los americanos declara haber visto uno o más fantasmas. Este número es superior al de los que dicen recordar haber sido abducidos por extraterrestres, aproximadamente igual al de los que han afirmado haber visto uno o más ovnis, e inferior al número de los que la última semana de presidencia de Richard Nixon —antes de que dimitiera para evitar el enjuiciamiento— pensaban que su tarea como presidente era de buena a excelente. Al menos el uno por ciento de todos nosotros es esquizofrénico. Esto suma más de cincuenta millones de esquizofrénicos en el planeta, mas, por ejemplo, que la población de Inglaterra.

En su libro de 1970 sobre pesadillas, el psiquiatra John Mack —sobre el que diré algo más— escribe:

Hay un período en la más tierna infancia en que los sueños se consideran reales y el niño considera los acontecimientos, transformaciones, gratificaciones y amenazas que los componen como una parte de su vida cotidiana real, igual que

las experiencias vividas durante el día. La capacidad de establecer y mantener distinciones claras entre la vida de los sueños y la vida en el mundo exterior es difícil de alcanzar y se tarda unos años en dominarla, no completándose ni siquiera en niños normales antes de los ocho o diez años. Es particularmente difícil que el niño, dada la vividez y la apremiante intensidad afectiva de las pesadillas, las juzgue de manera realista.

Cuando un niño cuenta una historia fabulosa —había una bruja haciendo muñecas en la habitación a oscuras; un tigre debajo de la cama; la vasija se rompió porque entró un pájaro multicolor por la ventana y no porque, contra las normas de la familia, alguien jugaba a la pelota dentro de la casa—, ¿miente consciente o inconscientemente? Sin duda los padres actúan a menudo como si el niño no pudiera distinguir plenamente entre fantasía y realidad. Algunos niños tienen una imaginación activa; otros están peor dotados en este aspecto. Algunas familias pueden respetar la capacidad de fantasear y alentar al niño, diciéndole al mismo tiempo algo así como:

«Oh, eso no es real; es sólo tu imaginación.» Otras familias pueden mostrar impaciencia ante la fabulación —dificulta al menos marginalmente el gobierno de la casa y la resolución de disputas— y no fomentar las fantasías de sus hijos, quizá inculcándoles incluso que es algo vergonzoso. Algunos padres pueden tener poco clara por su parte la distinción entre realidad y fantasía, o incluso entrar seriamente en la fantasía. A partir de todas esas tendencias contrapuestas y prácticas de educación infantil, algunas personas pueden tener una capacidad de fantasear intacta, y una historia, hasta bien entrada la edad adulta, de fabulación. Otros crecen creyendo que el que no conoce la diferencia entre realidad y fantasía está loco. Muchos de nosotros estamos en algún lugar entre ambos.

Los abducidos afirman con frecuencia haber visto «extraterrestres» en su infancia: entrando por la ventana o escondidos bajo la cama o en el armario. Pero los niños cuentan historias similares en todo el mundo, con hadas, elfos, duendes, fantasmas, brujas, diablillos y una rica variedad de «amigos» imaginarios. ¿Debemos pensar que hay dos grupos diferentes de niños; uno que ve seres terrenos imaginarios y el otro que ve extraterrestres genuinos? ¿No es más razonable pensar que los dos grupos están viendo, o alucinando, lo mismo?

La mayoría de nosotros recordamos haber tenido miedo a los dos años o más de «monstruos» totalmente imaginarios pero que parecían reales, especialmente por la noche o en la oscuridad. Yo todavía recuerdo ocasiones en que me sentía tan absolutamente aterrorizado que me escondía bajo las mantas y, cuando no lo podía soportar más, corría hacia la seguridad del cuarto de mis padres, si es que conseguía llegar antes de caer en las garras

de... la Presencia. El dibujante americano Gary Larson, que trata el género de terror, escribe en uno de sus libros la siguiente dedicatoria:

Cuando era pequeño, nuestra casa estaba llena de monstruos. Vivían en los armarios, debajo de la cama, en el desván, en el sótano y —cuando oscurecía— en todas partes. Dedico este libro a mi padre, que me mantuvo a salvo de todos ellos.

Quizá los terapeutas de abducciones deberían sacar más provecho de eso.

Parte de la razón por la que los niños tienen miedo de la oscuridad puede ser que, hasta hace poco en nuestra historia evolutiva, nunca han dormido solos, sino acurrucados y seguros bajo la protección de un adulto... usualmente la madre. En el Occidente ilustrado los dejamos solos en una habitación oscura, les deseamos buenas noches y nos cuesta entender por qué a veces lo pasan mal. Evolutivamente es totalmente lógico que los niños tengan fantasías de monstruos que asustan. En un mundo con leones y hienas al acecho, esas fantasías contribuyen a impedir que los niños pequeños sin defensas se alejen demasiado de sus protectores. ¿Cómo puede ser eficaz este mecanismo de seguridad para un animal joven, vigoroso y curioso si no provoca un terror de dimensiones industriales? Los que no tienen miedo de los monstruos no suelen dejar descendientes. A la larga, supongo, en el curso de la evolución humana, casi todos los niños acaban teniendo miedo de los monstruos. Pero, si somos capaces de evocar monstruos terroríficos en la infancia, ¿por qué algunos de nosotros, al menos en alguna ocasión, no podríamos ser capaces de fantasear con algo similar, algo realmente horrible, una ilusión compartida, como adultos?

Es significativo que las abducciones por extraterrestres ocurran principalmente en el momento de dormirse o despertarse, o en largos viajes en automóvil, cuando existe el peligro bien conocido de sumergirse en una especie de ensoñación hipnótica. Los terapeutas de abducidos se quedan perplejos cuando sus pacientes cuentan que gritaron de terror mientras sus cónyuges dormían pesadamente a su lado. Pero ¿no es eso típico de los sueños... que no se oigan nuestros gritos pidiendo ayuda? ¿Podría ser que esas historias tuviesen algo que ver con el sueño y, como propuso Benjamín Simón para los Hill, fueran una especie de sueño?

Un síndrome psicológico común, aunque insuficientemente conocido, bastante parecido al de la abducción por extraterrestres se llama parálisis del sueño. Mucha gente la experimenta. Ocurre en este mundo crepuscular a medio camino entre estar totalmente despierto y totalmente dormido. Durante unos minutos, quizá más, uno se queda inmóvil y con una ansiedad aguda. Siente un peso sobre el pecho como si tuviera a alguien sentado o tendido encima. Las palpitaciones del corazón son rápidas, la respiración trabajosa.

Se pueden experimentar alucinaciones auditivas o visuales, de personas, demonios, fantasmas, animales o pájaros. En la situación adecuada, la experiencia puede tener «toda la fuerza y el impacto de la realidad», según Robert Baker, un psicólogo de la Universidad de Kentucky. A veces, la alucinación tiene un marcado componente sexual. Baker afirma que esas perturbaciones comunes del sueño son la base de muchos, si no la mayoría, de los relatos de abducción de extraterrestres. (Él y otros sugieren que hay otras clases de declaraciones de abducción realizadas por individuos con tendencia a las fantasías, dice, o a las bromas.)

De modo similar, el *Harvard Mental Health Letter* (septiembre de 1994) comenta:

La parálisis del sueño puede durar varios minutos y a veces va acompañada de vividas alucinaciones como de sueño que dan pie a historias sobre visitas de los dioses, espíritus y criaturas extraterrestres.

Sabemos por los primeros trabajos del neurofisiólogo canadiense Wilder Penfield que la estimulación eléctrica de ciertas regiones del cerebro provoca verdaderas alucinaciones. La gente con epilepsia del lóbulo temporal —que implica una cascada de impulsos eléctricos generada naturalmente en la parte del cerebro detrás de la frente— experimenta una serie de alucinaciones casi indistinguibles de la realidad, incluyendo la presencia de un ser extraño o más, ansiedad, flotación en el aire, experiencias sexuales y una sensación de haberse saltado un período de tiempo. También existe lo que parece una gran comprensión de las cuestiones más profundas y una necesidad de comunicarlas. Parece trazarse una línea continua de estimulación espontánea del lóbulo temporal desde la gente con epilepsia grave a los más normales de entre nosotros. Al menos en un caso presentado por otro neurocientífico canadiense, Michael Persinger, la administración de un fármaco antiepiléptico, la carbamazepina, eliminó la sensación recurrente de una mujer de experimentar el caso típico de abducción por extraterrestres. Así, estas alucinaciones, generadas espontáneamente o con asistencia química o experimental, pueden representar un papel —quizá central— en los relatos sobre ovnis.

Pero es fácil parodiar un punto de vista así: los ovnis explicados como «alucinaciones masivas». Todo el mundo sabe que no existe lo que se llama una alucinación compartida. ¿No?

----000---

A medida que se empezó a popularizar ampliamente la posibilidad de vida extraterrestre —especialmente con los canales marcianos de Percival Lowell a finales del siglo pasado— la gente empezó a declarar que establecía

contacto con los extraterrestres, especialmente marcianos. El libro del psicólogo Theodore Flournoy. *De la India al planeta Marte*, escrito en 1901, describe un médium de habla francesa que en estado de trance dibujó retratos de los marcianos (son iguales que nosotros) y presentó su alfabeto y lenguaje (con un notable parecido al francés). El psiquiatra Carl Jung, en su disertación doctoral en 1902, describió a una mujer joven suiza que se agitó al descubrir, sentado en un tren delante de ella, a un «habitante de las estrellas» de Marte. Los marcianos están desprovistos de ciencia, filosofía y almas, le dijo, pero tienen una tecnología avanzada. «Hace tiempo que existen máquinas voladoras en Marte; todo Marte está cubierto de canales», y cosas así. Charles Fort, un coleccionista de informes anómalos que murió en 1932, escribió: «Quizá haya habitantes en Marte que envíen secretamente informes sobre este mundo a sus gobiernos.» En la década de 1950, un libro de Gerald Heard reveló que los ocupantes del platillo eran abejas marcianas inteligentes. ¿Quién sino ellas podrían sobrevivir a los fantásticos giros de ángulo recto que se dice que hacen los ovnis?

Pero cuando en 1971 el *Mariner 9* demostró que los canales eran ilusorios y, al no encontrar los *Viking 1* y *2* ninguna prueba clara siquiera de la existencia de microbios en Marte en 1976, el *entusiasmo* popular por el Marte de Lowell se apagó y no se habló más de visitas de marcianos. Entonces se dijo que los extraterrestres venían de otra parte. ¿Por qué? ¿Por qué no más marcianos? Y cuando se descubrió que la superficie de Venus era lo bastante caliente como para derretir el plomo, no se produjeron más visitas de Venus. ¿Se ajusta alguna parte de estas historias a los cánones de creencia actuales? ¿Qué implica eso sobre su origen?

No hay duda que la alucinación de los humanos es común. La duda sobre si existen extraterrestres, si frecuentan nuestro planeta o si nos abducen y molestan es considerable. Podríamos discutir sobre los detalles, pero probablemente una categoría de explicación se sostenga mejor que otra. La principal reserva que se puede formular es: ¿Por que tanta gente declara hoy en día esa serie particular de alucinaciones? ¿Por qué seres pequeños y sombríos, platillos volantes y experimentos sexuales?

CAPÍTULO 7

EL MUNDO

POSEÍDO

POR DEMONIOS



Hay mundos poseídos por demonios, regiones de total oscuridad.

*Upanisad de Isa*

(India, 600 a. J.C. aprox)

El temor de las cosas invisibles es  
la semilla natural de lo que cada  
uno llama para sí mismo religión.

THOMAS HOBBS,

*Leviatán* (1651)

Los dioses velan por nosotros y guían nuestros destinos, enseñan muchas culturas humanas; hay otras entidades, más malévolas, responsables de la existencia del mal. Las dos clases de seres, tanto si se consideran naturales como sobrenaturales, reales o imaginarios, sirven a las necesidades humanas. Aun en el caso que sean totalmente imaginarios, la gente se siente mejor creyendo en ellos. Así, en una época en que las religiones tradicionales se han visto sometidas al fuego abrasador de la ciencia, ¿no es natural envolver a los antiguos dioses y demonios en un atuendo científico y llamarlos extraterrestres?

-----00000-----

La creencia en los demonios estaba muy extendida en el mundo antiguo. Se los consideraba seres más naturales que sobrenaturales. Hesíodo los menciona casualmente. Sócrates describía su inspiración filosófica como la obra de un demonio personal benigno. Su maestra, Diotima de Mantinea, le dice (en el *Symposio* de Platón) que «todo lo que es genio (demonio) está entre lo divino y lo mortal... La divinidad no se pone en contacto con el hombre —continúa— sino que es a través de este género de seres por donde tiene lugar todo comercio y todo diálogo entre los dioses y los hombres, tanto durante la vigilia como durante el sueño».

Platón, el estudiante más célebre de Sócrates, asignaba un gran papel a los demonios: «Ninguna naturaleza humana investida con el poder supremo es capaz de ordenar los asuntos humanos —dijo— y no rebosar de insolencia y error...»

No nombramos a los bueyes señores de los bueyes, ni a las cabras de las cabras, sino que nosotros mismos somos una raza superior y gobernamos sobre ellos. Del mismo modo Dios, en su amor por la humanidad, puso encima de nosotros a los demonios, que son una raza superior, y ellos, con gran facilidad y placer para ellos, y no menos para nosotros, dándonos paz y reverencia y orden y justicia que nunca flaquea, hicieron felices y unieron a las tribus de hombres.

Platón negaba decididamente que los demonios fueran una fuente de mal, y representaba a Eros, el guardián de las pasiones sexuales, como un genio o demonio, no un dios, «ni mortal ni inmortal», «ni bueno ni malo». Pero todos los platonistas posteriores, incluyendo los neoplatonistas que influyeron poderosamente en la filosofía cristiana, sostenían que había algunos demonios buenos y otros malos. El péndulo iba de un lado a otro. Aristóteles, el famoso discípulo de Platón, consideró seriamente la idea de que los sueños estuvieran escritos por demonios. Plutarco y Porfirio proponían que los demonios, que llenaban el aire superior, venían de la Luna.

Los primeros Padres de la Iglesia, a pesar de haberse empapado del neoplatonismo de la cultura en la que nadaban, deseaban separarse de los sistemas de creencia «pagana». Enseñaban que toda la religión pagana consistía en la adoración de demonios y hombres, ambos malinterpretados como dioses. Cuando san Pablo se quejaba (Efesios 6, 14) de la maldad en las alturas, no se refería a la corrupción del gobierno sino a los demonios, que vivían allí:

Porque nuestra lucha no es contra la carne y la sangre, sino contra los Principados, contra las Potestades, contra los Dominadores de este mundo tenebroso, contra los Espíritus del Mal que están en las alturas.

Desde el principio se pretendió que los demonios eran mucho más que una mera metáfora poética del mal en el corazón de los hombres.

A san Agustín le afligían los demonios. Cita el pensamiento pagano prevaleciente en su época: «Los dioses ocupan las regiones más altas, los hombres las más bajas, los demonios la del medio... Ellos poseen la inmortalidad del cuerpo, pero tienen pasiones de la mente en común con los hombres.» En el libro VIII de *La ciudad de Dios* (empezado en 413), Agustín asimila esta antigua tradición, sustituye a los dioses por Dios y demoniza a los demonios, arguyendo que son malignos sin excepción. No tienen virtudes que los rediman. Son el manantial de todo el mal espiritual y material. Los llama «animales etéreos... ansiosos de infligir males, completamente ajenos a la rectitud, hinchidos de orgullo, pálidos de envidia, sutiles en el engaño». Pueden afirmar que llevan mensajes entre Dios y el hombre disfrazándose como ángeles del Señor, pero su actitud es una trampa para llevarnos a nuestra destrucción. Pueden asumir cualquier forma y saben muchas cosas — «demonio» *quiere decir* «conocimiento» en griego—,<sup>14</sup> especialmente sobre el mundo material. Por inteligentes que sean, su caridad es deficiente. Atacan

---

<sup>14</sup> «Ciencia» significa «conocimiento» en latín. Aun sin profundizar, se nos revela aquí una disputa jurisdiccional.

«las mentes cautivas y burladas de los hombres», escribió Tertuliano. «Moran en el aire, tienen a las estrellas por vecinas y comercian con las nubes.»

En el siglo XI, el influente teólogo bizantino, filósofo y turbio político Miguel Psellus, describía a los demonios con estas palabras:

Esos animales existen en nuestra propia vida, que está llena de pasiones, porque están presentes de manera abundante en ellas y su lugar de residencia es el de la materia, como lo es su rango y grado. Por esta razón están también sujetos a pasiones y encadenados a ellas.

Un tal Richalmus, abad de Schönthal, alrededor de 1270 acuñó un tratado entero sobre demonios, lleno de experiencias de primera mano: ve (aunque sólo cuando cierra los ojos) incontables demonios malevolentes, como motas de polvo, que revolotean alrededor de su cabeza... y la de los demás. A pesar de las olas sucesivas de puntos de vista racionalista, persa, judío, cristiano y musulmán, a pesar del fermento revolucionario social, político y filosófico, la existencia, gran parte del carácter e incluso el nombre de los demonios se mantuvo inalterable desde Hesíodo hasta las Cruzadas.

Los demonios, los «poderes del aire», bajan de los cielos y mantienen ayuntamiento sexual ilícito con las mujeres. Agustín creía que las brujas eran fruto de esas uniones prohibidas. En la Edad Media, como en la antigüedad clásica, casi todo el mundo creía esas historias. Se llamaba también a los demonios diablos o ángeles caídos. Los demoníacos seductores de las mujeres recibían el nombre de incubos; los de los hombres, súcubos. Hay algunos casos en que las monjas, con cierta perplejidad, declaraban un parecido asombroso entre el incubo y el cura confesor, o el obispo, y al despertar a la mañana siguiente, según contaba un cronista del siglo XV, «se encontraban contaminadas como si hubieran yacido con varón». Hay relatos similares, pero no en conventos, sino en los harenes de la antigua China. Eran tantas las mujeres que denunciaban incubos, según argumentaba el religioso presbítero Richard Baxter (en su *Certidumbre del mundo de los espíritus*, 1691), «que es impudicia negarlo».<sup>15</sup>

Cuando los incubos y súcubos seducían, se percibían como un peso sobre el pecho del soñador. *Mare*, a pesar de su significado en latín, es la antigua palabra inglesa para designar al incubo, y *nightmare* (pesadilla) significaba originalmente el demonio que se sienta sobre el pecho de los que duermen y los atormenta con sueños. En la *Vida de san Antonio* de Atanasio

---

<sup>15</sup> Igualmente, en la misma obra: «Son tantos los que atestiguan que las brujas provocan tormentas que creo innecesario nombrarlos.» El teólogo Meric Casaubon —en su libro de 1668, *De la credulidad y la incredulidad*— argüía que las brujas debían existir porque, al fin y al cabo, todo el mundo cree en ellas. Cualquier cosa en la que cree un gran número de personas tiene que ser cierta.

(escrita alrededor del 360) se describía que los demonios entraban y salían a voluntad de habitaciones cerradas; mil cuatrocientos años después, en su obra *De Daemonialitate*, el erudito franciscano Ludovico Sinistrari nos asegura que los demonios atraviesan las paredes.

Prácticamente no se cuestionó la realidad externa de los demonios desde la antigüedad hasta finales de la época medieval. Maimónides negaba su existencia, pero una mayoría aplastante de los rabinos creían en *dybbuks*. Uno de los pocos casos que he podido encontrar en que incluso se llega a insinuar que los demonios podrían ser *internos*, generados en nuestras mentes, es cuando se le preguntó a Abba Poemen, uno de los Padres del Desierto de la primera Iglesia:

—¿Cómo luchan contra mí los demonios?

—¿Los demonios luchan contra ti? —preguntó a su vez el padre Poemen—. Son nuestras propias voluntades las que se convierten en demonios y nos atacan.

Las actitudes medievales sobre íncubos y súcubos estaban influenciadas por el *Comentario sobre el sueño de Escipión* de Macrobio, escrito en el siglo XIV, del que se hicieron docenas de ediciones antes de la Ilustración europea: Macrobio describió los fantasmas que se veían «en el momento entre la vigilia y el sopor». El soñador «imagina» a los fantasmas como depredadores. Macrobio tenía un sesgo escéptico que los lectores medievales tendían a ignorar.

La obsesión con los demonios empezó a alcanzar un crescendo cuando, en su famosa Bula de 1484, el papa Inocencio VIII declaró:

Ha llegado a nuestros oídos que miembros de ambos sexos no evitan la relación con ángeles malos, íncubos y súcubos, y que, mediante sus brujerías, conjuros y hechizos sofocan, extinguen y echan a perder los alumbramientos de las mujeres, además de generar otras muchas calamidades.

Con esta bula, Inocencio inició la acusación, tortura y ejecución sistemática de incontables «brujas» de toda Europa. Eran culpables de lo que Agustín había descrito como «una asociación criminal del mundo oculto». A pesar del imparcial «miembros de ambos sexos» del lenguaje de la bula, las perseguidas eran principalmente mujeres jóvenes y adultas.

Muchos protestantes importantes de los siglos siguientes a pesar de sus diferencias con la Iglesia católica, adoptaron puntos de vista casi idénticos. Incluso humanistas como Desiderio Erasmo y Tomás Moro creían en brujas. «Abandonar la brujería —decía John Wesley, el fundador del metodismo— es como abandonar la Biblia.» William Blackstone, el célebre jurista, en sus *Comentarios sobre las Leyes de Inglaterra* (1765), afirmó:

Negar la posibilidad, es más, la existencia real de la brujería y la hechicería equivale a contradecir llanamente el mundo revelado por Dios en varios pasajes tanto del Antiguo como del Nuevo Testamento.

Inocencio ensalzaba a «nuestros queridos hijos Henry Kramer y James Sprenger» que, «mediante Cartas Apostólicas han sido delegados como Inquisidores de esas depravaciones heréticas»: Si las «abominaciones y atrocidades en cuestión se mantienen sin castigo», las almas de las multitudes se enfrentan a la condena eterna.

El papa nombró a Kramer y Sprenger para que escribieran un estudio completo utilizando toda la artillería académica de finales del siglo XV. Con citas exhaustivas de las Escrituras y de eruditos antiguos y modernos, produjeron el *Malleus Maleficarum*, «martillo de brujas», descrito con razón como uno de los documentos más aterradores de la historia humana. Thomas Ady, en *Una vela en la oscuridad*, lo calificó de «doctrinas e invenciones infames», «horribles mentiras e imposibilidades» que servían para ocultar «su crueldad sin parangón a los oídos del mundo». Lo que el *Malleus* venía a decir, prácticamente, era que, si a una mujer la acusan de brujería, es que es bruja. La tortura es un medio infalible para demostrar la validez de la acusación. El acusado no tiene derechos. No tiene oportunidad de enfrentarse a los acusadores. Se presta poca atención a la posibilidad de que las acusaciones puedan hacerse con propósitos impíos: celos, por ejemplo, o venganza, o la avaricia de los inquisidores que rutinariamente confiscaban las propiedades de los acusados para su propio uso y disfrute. Su manual técnico para torturadores también incluye métodos de castigo diseñados para liberar los demonios del cuerpo de la víctima antes de que el proceso la mate. Con el *Malleus* en mano, con la garantía del aliento del papa, empezaron a surgir inquisidores por toda Europa.

Rápidamente se convirtió en un provechoso fraude. Todos los costes de la investigación, juicio y ejecución recaían sobre los acusados o sus familias; hasta las dietas de los detectives privados contratados para espiar a la bruja potencial, el vino para los centinelas, los banquetes para los jueces, los gastos de viaje de un mensajero enviado a buscar a un torturador más experimentado a otra ciudad, y los haces de leña, el alquitrán y la cuerda del verdugo. Además, cada miembro del tribunal tenía una gratificación por bruja quemada. El resto de las propiedades de la bruja condenada, si las había, se dividían entre la Iglesia y el Estado. A medida que se institucionalizaban estos asesinatos y robos masivos y se sancionaban legal y moralmente, iba surgiendo una inmensa burocracia para servirla y la atención se fue ampliando desde las brujas y viejas pobres hasta la clase media y acaudalada de ambos sexos.

Cuanto más confesiones de brujería se conseguían bajo tortura, más difícil era sostener que todo el asunto era pura fantasía. Como a cada «bruja» se la obligaba a implicar a algunas más, los números crecían exponencialmente. Constituían «pruebas temibles de que el diablo sigue vivo», como se dijo más tarde en América en los juicios de brujas de Salem. En una era de credulidad, se aceptaba tranquilamente el testimonio más fantástico: que decenas de miles de brujas se habían reunido para celebrar un aquelarre en las plazas públicas de Francia, y que el cielo se había oscurecido cuando doce mil de ellas se echaron a volar hacia Terranova. En la Biblia se aconsejaba: «No dejarás que viva una bruja.» Se quemaron legiones de mujeres en la hoguera.<sup>16</sup> Y se aplicaban las torturas más horribles a toda acusada, joven o vieja, una vez los curas habían bendecido los instrumentos de tortura. Inocencio murió en 1492, tras varios intentos fallidos de mantenerlo con vida mediante transfusiones (que provocaron la muerte de tres jóvenes) y amamantándose del pecho de una madre lactante. Le lloraron sus amantes y sus hijos.

En Gran Bretaña se contrató a buscadores de brujas, también llamados «punzadores», que recibían una buena gratificación por cada chica o mujer que entregaban para su ejecución. No tenían ningún aliciente para ser cautos en sus acusaciones. Solían buscar «marcas del diablo» —cicatrices, manchas de nacimiento o *nevi*— que, al pincharlas con una aguja, no producían dolor ni sangraban. Una simple inclinación de la mano solía producir la impresión de que la aguja penetraba profundamente en la carne de la bruja. Cuando no había marcas visibles, bastaba con las «marcas invisibles». En las galeras, un punzador de mediados del siglo XVII «confesó que había causado la muerte de más de doscientas veinte mujeres en Inglaterra y Escocia por el beneficio de veinte chelines la pieza».<sup>17</sup>

En los juicios de brujas no se admitían pruebas atenuantes o testigos de la defensa. En todo caso, era casi imposible para las brujas acusadas presentar buenas coartadas: las normas de las pruebas tenían un carácter especial. Por ejemplo, en más de un caso el marido atestiguó que su esposa estaba durmiendo en sus brazos en el preciso instante en que la acusaban de estar retozando con el diablo en un aquelarre de brujas; pero el arzobispo, pacientemente, explicó que un demonio había ocupado el lugar de la esposa. Los maridos no debían pensar que sus poderes de percepción podían exceder

---

<sup>16</sup> Por lo visto, la Santa Inquisición adoptó este tipo de ejecución para acatar literalmente una frase bien intencionada de la ley canónica (Concilio de Tours, 1163): «La Iglesia abomina del derramamiento de sangre.»

<sup>17</sup> En el tenebroso terreno de los cazadores de recompensas e informadores a sueldo, la corrupción vil suele ser la norma, en todo el mundo y a lo largo de toda la historia humana. Para tomar un ejemplo casi al azar, en 1994, a cambio de una cantidad, un grupo de inspectores de correos de Cleveland decidió actuar en secreto para descubrir a delincuentes; a continuación inventaron casos penales contra treinta y dos trabajadores de correos inocentes.

los poderes de engaño de Satanás. Las mujeres jóvenes y bellas eran enviadas forzosamente a la hoguera.

Los elementos eróticos y misóginos eran fuertes... como puede esperarse de una sociedad reprimida sexualmente, dominada por varones, con inquisidores procedentes de la clase de los curas, nominalmente célibes. En los juicios se prestaba atención minuciosa a la calidad y cantidad de los orgasmos en las supuestas copulaciones de las acusadas con demonios o el diablo (aunque Agustín estaba seguro de que «no podemos llamar fornicador al diablo») y a la naturaleza del «miembro» del diablo (frío, según todos los informes). Las «marcas del diablo» se encontraban «generalmente en los pechos o partes íntimas», según el libro de 1700 de Ludovico Sinistrari. Como resultado, los inquisidores, exclusivamente varones, afeitaban el vello púbico de las acusadas y les inspeccionaban cuidadosamente los genitales. En la inmolación de la joven Juana de Arco a los veinte años, tras habersele incendiado el vestido, el verdugo de Rúan apagó las llamas para que los espectadores pudieran ver «todos los secretos que puede o debe haber en una mujer».

La crónica de los que fueron consumidos por el fuego sólo en la ciudad alemana de Wurzburg en el año 1598 revela la estadística y nos da una pequeña muestra de la realidad humana:

El administrador del senado, llamado Gering; la anciana señora Kanzier; la rolliza esposa del sastre; la cocinera del señor Mengerdorf; una extranjera; una mujer extraña; Baunach, un senador, el ciudadano más gordo de Wurtzburgo; el antiguo herrero de la corte; una vieja; una niña pequeña, de nueve o diez años; su hermana pequeña; la madre de las dos niñas pequeñas antes mencionadas; la hija de Liebler; la hija de Goebel, la chica más guapa de Wurtzburgo; un estudiante que sabía muchos idiomas; dos niños de la iglesia, de doce años de edad cada uno; la hija pequeña de Stepper; la mujer que vigilaba la puerta del puente; una anciana; el hijo pequeño del alguacil del ayuntamiento; la esposa de Knertz, el carnicero; la hija pequeña del doctor Schuitz; una chica ciega; Schwartz, canónigo de Hach...

Y así sigue. Algunos recibieron una atención humana especial: «La hija pequeña de Valkenberger fue ejecutada y quemada en la intimidad.» En un solo año hubo veintiocho inmolaciones públicas, con cuatro a seis víctimas de promedio en cada una de ellas, en esta pequeña ciudad. Era un microcosmos de lo que ocurría en toda Europa. Nadie sabe cuántos fueron ejecutados en total: quizá cientos de miles, quizá millones. Los responsables de la persecución, tortura, juicio, quema y justificación actuaban desinteresadamente. Sólo había que preguntárselo.



No se podían equivocar. Las confesiones de brujería no podían basarse en alucinaciones, por ejemplo, o en intentos desesperados de satisfacer a los inquisidores y detener la tortura. En este caso, explicaba el juez de brujas Pierre de Lancre (en su libro de 1612, *Descripción de la inconstancia de los ángeles malos*), la Iglesia católica estaría cometiendo un gran crimen por quemar brujas. En consecuencia, los que plantean estas posibilidades atacan a la Iglesia y cometen ipso facto un pecado mortal. Se castigaba a los críticos de las quemas de brujas y, en algunos casos, también ellos morían en la hoguera. Los inquisidores y torturadores realizaban el trabajo de Dios. Estaban salvando almas, aniquilando a los demonios.

Desde luego, la brujería no era la única ofensa merecedora de tortura y quema en la hoguera. La herejía era un delito más grave todavía, y tanto católicos como protestantes la castigaban sin piedad. En el siglo XVI, el erudito William Tyndale cometió la temeridad de pensar en traducir el Nuevo Testamento al inglés. Pero, si la gente podía leer la Biblia en su propio idioma en lugar de hacerlo en latín, se podría formar sus propios puntos de vista religiosos independientes. Podrían pensar en establecer una línea privada con Dios sin intermediarios. Era un desafío para la seguridad del trabajo de los curas católicos romanos. Cuando Tyndale intentó publicar su traducción, le acosaron y persiguieron por toda Europa. Finalmente le detuvieron, le pasaron a garrote y después, por añadidura, le quemaron en la hoguera. A continuación, un grupo de pelotones armados fue casa por casa en busca de ejemplares de su Nuevo Testamento (que un siglo después sirvió de base de la exquisita traducción inglesa del rey Jacobo). Eran cristianos que defendían piadosamente el cristianismo impidiendo que otros cristianos conocieran las palabras de Cristo. Con esta disposición mental, este clima de convencimiento absoluto de que la recompensa del conocimiento era la tortura y la muerte, era difícil ayudar a los acusados de brujería.

La quema de brujas es una característica de la civilización occidental que, con alguna excepción política ocasional, declinó a partir del siglo XVI. En la última ejecución judicial de brujas en Inglaterra se colgó a una mujer y a su hija de nueve años. Su crimen fue provocar una tormenta por haberse quitado las medias. En nuestra época es normal encontrar brujas y diablos en los cuentos infantiles, la Iglesia católica y otras Iglesias siguen practicando exorcismos de demonios y los defensores de algún culto todavía denuncian como brujería las prácticas rituales de otro. Todavía usamos la palabra «pandemonium» (literalmente, todos los demonios). Todavía se califica de demoníaca a una persona enloquecida o violenta. (Hasta el siglo XVIII no dejó de considerarse la enfermedad mental en general como adscrita a causas sobrenaturales; incluso el insomnio era considerado un castigo infligido por demonios.) Más de la mitad de los norteamericanos declaran en las encuestas

que «creen» en la existencia del diablo, y el diez por ciento dicen haberse comunicado con él, como Martín Luther afirmaba que hacía con regularidad. En un «manual de guerra espiritual», titulado *Prepárate para la guerra*, Rebecca Brown nos informa de que el aborto y el sexo fuera del matrimonio, «casi siempre resultarán en infestación demoníaca»; que el carácter de la meditación, el yoga y las artes marciales pretenden seducir a cristianos confiados para que adoren a los demonios; y que la «música rock no "surgió porque sí", sino que era un plan cuidadosamente elaborado por el propio Satanás». A veces, «tus seres queridos están cegados y dominados por tendencias diabólicas». La demonología todavía sigue formando parte de muchas creencias serias.

¿Y qué hacen los demonios? En el *Malleus*, Kramer y Sprenger revelan que los «diablos... se dedican a interferir en el proceso de copulación y concepción normal, a obtener semen humano y transferirlo ellos mismos». La inseminación artificial demoníaca en la Edad Media se encuentra ya en santo Tomás de Aquino, que nos dice en *De la Trinidad* que «los demonios pueden transferir el semen que han recogido para inyectarlo en los cuerpos de otros». Su contemporáneo san Buenaventura lo expresa con mayor detalle: los súcubos «se someten a los machos y reciben su semen; con astuta habilidad, los demonios conservan su potencia, y después, con el permiso de Dios, se convierten en íncubos y lo vierten en los depositarios femeninos». Los productos de esas uniones con mediación del demonio también reciben la visita de los demonios. Se forja un vínculo sexual multigeneracional entre especies. Y recordemos que se sabe perfectamente que esas criaturas vuelan; ciertamente, viven en las alturas.

En esas historias no hay nave espacial. Pero se hallan presentes la mayoría de los elementos centrales de los relatos de abducción por extraterrestres, incluyendo la existencia de seres no humanos con una obsesión sexual que viven en el cielo, atraviesan las paredes, se comunican telepáticamente y practican experimentos de cría en la especie humana. A no ser que creamos que los demonios existen de verdad, ¿cómo podemos entender que todo el mundo occidental (incluyendo a los que se consideran más sabios entre ellos) abrace un sistema de creencias tan extraño, que cada generación lo vea reforzado por su experiencia personal y sea enseñado por la Iglesia y el Estado? ¿Hay alguna alternativa real aparte de una ilusión compartida basada en las conexiones del cerebro y la química comunes?

---000---

En el Génesis leemos acerca de ángeles que se emparejan con «las hijas de los hombres». Los mitos culturales de la antigua Grecia y Roma hablan de dioses que se aparecen a las mujeres en forma de toros, cisnes o

lluvias de oro y las fecundan. En una antigua tradición cristiana, la filosofía no derivaba del ingenio humano sino de la conversación íntima de los demonios: los ángeles caídos revelaban los secretos del cielo a sus consortes humanos. Aparecen relatos con elementos similares en culturas de todo el mundo. En correspondencia con los incubos están los *djinn* árabes, los sátiros griegos, los *bhuts* hindúes, los *hotua poro* de Samoa, los *dusti* célticos y muchos otros. En una época de histeria demoníaca era bastante fácil demonizar a aquellos a quienes se temía u odiaba. Así, se dijo que Merlín había sido engendrado por un incubo. Como Platón, Alejandro Magno, Augusto y Martín Lutero. En ocasiones se acusó a un pueblo entero —por ejemplo, los hunos o los habitantes de Chipre— de haber sido engendrado por demonios.

En la tradición talmúdica, el súcubo arquetípico era Lilit, a quien creó Dios del polvo junto con Adán. Fue expulsada del Edén por insubordinación... no a Dios, sino a Adán. Desde entonces, pasa las noches seduciendo a los descendientes de Adán. En la cultura del antiguo Irán y muchas otras se consideraba que las poluciones nocturnas eran provocadas por súcubos. Santa Teresa de Ávila relató un vivido encuentro sexual con un ángel —un ángel de luz, no de oscuridad, aseguraba ella—, como hicieron también otras mujeres posteriormente santificadas por la Iglesia católica. Cagliostro, el mago y estafador del siglo XVIII, dio a entender que él, como Jesús de Nazaret, era producto de la unión «entre los hijos del cielo y de la tierra».

En 1645 se encontró en Cornualles a una adolescente, Anne Jefferies, tendida en el suelo, inconsciente. Mucho más tarde, la chica recordó que había sufrido un ataque de media docena de hombres pequeños, que la habían paralizado y llevado a un castillo en el aire y, después de seducirla, la habían enviado de vuelta a casa. Definió a los hombrecitos como hadas. (Para muchos cristianos piadosos, como para los inquisidores de Juana de Arco, esta distinción era indiferente. Las hadas eran demonios, pura y simplemente.) Volvieron a aterrorizarla y atormentarla. Al año siguiente fue arrestada por brujería. Tradicionalmente, las hadas tienen poderes mágicos y pueden provocar parálisis con un simple toque. En la tierra de las hadas, el tiempo transcurre más despacio. Como las hadas tienen un deterioro reproductor, mantienen relaciones sexuales con humanos y se llevan a los bebés de las cunas (a veces dejando un sustituto, un «niño cambiado»). Ahora la cuestión parece clara: si Anne Jefferies hubiera vivido en una cultura obsesionada con los extraterrestres en lugar de las hadas, y con ovnis en lugar de castillos en el aire, ¿algún aspecto de su historia tendría un significado distinto con respecto a las que cuentan los «abducidos»?

En su libro de 1982, *El terror que se presenta por la noche: Un estudio centrado en la experiencia de tradiciones de amenazas sobrenaturales*, David Hufford describe el caso de un ejecutivo con educación universitaria de poco más de treinta años que recordaba haber pasado un verano en casa de

su tía cuando era adolescente; Una noche vio que se movían unas luces misteriosas en el puerto. A continuación se durmió. Desde la cama vio una figura blanca y resplandeciente que subía la escalera. Entró en su habitación, se detuvo, y luego dijo —con muy poca inspiración, me parece—: «Eso es linóleo.» Algunas noches, la figura era una vieja; otras, un elefante. A veces el hombre estaba convencido de que todo era un sueño; otras veces estaba seguro de que estaba despierto. Se quedaba hundido en la cama, paralizado, incapaz de moverse o de gritar. Le palpitaba el corazón. Le costaba respirar. Le ocurrieron acontecimientos similares en muchas noches consecutivas. ¿Qué ocurre aquí? Esos acontecimientos ocurrieron antes de que se describieran ampliamente las abducciones por extraterrestres. De haber sabido algo de ellas, ¿le habría puesto una cabeza más larga y unos ojos más grandes a la vieja?

En varios pasajes famosos de *Historia de la decadencia y ruina del Imperio romano*, Edward Gibbon describía el equilibrio entre credulidad y escepticismo a finales de la antigüedad clásica:

La credulidad ocupaba el lugar de la fe; se permitía que el fanatismo asumiera el lenguaje de la inspiración y se atribuían los efectos de accidente o ingenio a causas sobrenaturales...

En tiempos modernos [Gibbon escribe a mediados del siglo XVIII], hasta las disposiciones más piadosas destilan un escepticismo latente e incluso involuntario. Su admisión de verdades sobrenaturales es mucho menos un consentimiento activo que una aquiescencia fría y pasiva. Acostumbrada desde tiempo atrás a observar y respetar el orden invariable de la naturaleza, nuestra razón, o al menos nuestra imaginación, no está suficientemente preparada para sostener la acción visible de la Deidad. Pero en las primeras eras del cristianismo, la situación de la humanidad era absolutamente diferente. Los más curiosos, o los más crédulos entre los paganos, se veían convencidos a menudo de entrar en una sociedad que hacía una afirmación real de los poderes milagrosos. Los cristianos primitivos pisaban perpetuamente un terreno místico y ejercitaban la mente con el hábito de creer los acontecimientos más extraordinarios. Sentían, o así les parecía, que los atacaban demonios incesantemente por todas partes, que las visiones los reconfortaban y las profecías los instruían, y se veían sorprendentemente liberados de peligro, enfermedad y de la propia muerte a través de las súplicas de la Iglesia...

Tenían el firme convencimiento de que el aire que respiraban estaba poblado de enemigos invisibles; de innumerables demonios que aprovechaban toda ocasión, y asumían todas las formas, para aterrorizar y, por encima de todo, tentar su virtud desprotegida. Engañaban a la imaginación, e incluso a los sentidos, con las ilusiones del fanatismo desordenado; y el ermitaño, cuya oración de medianoche se veía apagada por el sueño involuntario, podía

confundir fácilmente los fantasmas de terror o maravilla que habían ocupado sus sueños de noche y despierto...

La práctica de la superstición es tan apropiada para la multitud que, si se los despierta por la fuerza, aún lamentan la *perdigán* de su agradable visión. Su amor por lo maravilloso y sobrenatural, su curiosidad con miras a acontecimientos futuros y su fuerte propensión a ampliar sus esperanzas y temores más allá de los límites del mundo visible, fueron las principales causas que favorecieron el establecimiento del politeísmo. Tan apremiante es la necesidad del vulgo de creer, que la caída de cualquier sistema de mitología será sucedida muy probablemente por la introducción de algún otro modo de superstición...

Dejemos de lado el esnobismo social de Gibbon: el diablo también atormentaba a las clases altas, e incluso un rey de Inglaterra —Jacobo I, el primer monarca Estuardo— escribió un libro crédulo y supersticioso sobre demonios (*Daemonologie*, 1597). También fue el mecenas de la gran traducción al inglés de la Biblia que todavía lleva su nombre. El rey Jacobo opinaba que el tabaco era la «semilla del diablo», y una serie de brujas se pusieron al descubierto por su adicción a esta droga. Pero en 1628, Jacobo se había convertido en un perfecto escéptico, principalmente porque se había descubierto que algunos adolescentes simulaban estar poseídos por el demonio y de este modo habían acusado de brujería a personas inocentes. Si pensamos que el escepticismo que según Gibbon caracterizaba a su época ha declinado en la nuestra, y aunque quede un poco de la gran credulidad que atribuye al final de la época clásica, ¿no es normal que algo parecido a los demonios encuentre un destacado lugar en la cultura popular del presente?

Desde luego, como se apresuran a recordarme los entusiastas de las visitas extraterrestres, hay otra interpretación de esos paralelos históricos: los extraterrestres, dicen, *siempre* nos han visitado para físgonear, robarnos espermia y óvulos y fecundarnos. En tiempos antiguos los reconocíamos como dioses, demonios, hadas o espíritus; sólo ahora hemos llegado a entender que lo que nos acechaba durante tantos siglos eran extraterrestres. Jacques Vallee ha planteado estos argumentos. Pero entonces ¿por qué prácticamente no hay informes de platillos volantes antes de 1947? ¿Por qué ninguna de las principales religiones del mundo usa los platillos como iconos de lo divino? ¿Por qué no transmitieron entonces sus advertencias sobre los peligros de la alta tecnología? ¿Por qué este experimento genético, cualquiera que sea su objetivo, no se ha completado hasta ahora... miles de años o más después de haber sido iniciado por criaturas con un nivel tecnológico

supuestamente superior? ¿Por qué nos preocupa tanto si el fin de su programa de reproducción es mejorar nuestras capacidades?

Siguiendo esta línea argumental, podríamos esperar que los adeptos actuales de las viejas creencias entendieran que los «extra-terrestres» son como hadas, dioses o demonios. En realidad hay varias sectas contemporáneas —los «raelianos», por ejemplo— que mantienen que los dioses, o Dios, vendrán a la Tierra en un ovni. Algunos abducidos describen a los extraterrestres, por repulsivos que sean, como «ángeles» o «emisarios de Dios». Y los hay que todavía creen que son demonios.

En *Comunión*, Whitley Strieber escribe un relato de primera mano de «abducción por extraterrestre»:

Fuera lo que fuera, era de una fealdad monstruosa, sucia, oscura y siniestra. Desde luego eran demonios. Tenían que serlo... Todavía recuerdo aquella cosa en cuclillas, tan horriblemente fea, con los brazos y piernas como las extremidades de un gran insecto, con sus ojos mirándome fijamente.

Según dicen, ahora Strieber admite la posibilidad de que esos terrores nocturnos fueran sueños o alucinaciones.

Entre los artículos sobre ovnis en *La Enciclopedia de noticias cristianas*, una recopilación fundamentalista, se encuentran: «Obsesión fanática anticristiana» y «Los científicos creen que los ovnis son obra del diablo». El Proyecto de Falsificaciones Espirituales de Berkeley, California, advierte que los ovnis son de origen demoníaco; la Iglesia Acuaría de Servicio Universal de McMinnville, de Oregón, dice que todos los extraterrestres son hostiles. Una carta publicada en el periódico en 1993 sobre «comunicaciones de conciencia cósmica» nos informa de que los ocupantes de los ovnis consideran que los humanos somos como animales de laboratorio y quieren que los adoremos, pero suelen desanimarse ante el padrenuestro. Algunos abducidos han sido expulsados de sus congregaciones religiosas evangélicas; sus historias se parecen demasiado al satanismo. Un panfleto de 1980, *La explosión del culto*, de Dave Hunt, revela que:

los ovnis... es evidente que no son físicos y parecen ser manifestaciones demoníacas de otra dimensión con el fin de alterar la manera de pensar del hombre... las supuestas entidades «ovni» que al parecer se han comunicado físicamente con humanos Siempre han predicado las mismas cuatro mentiras que la serpiente presentó a Eva... esos seres son demonios y se preparan para la llegada del Anticristo.

Cierto número de sectas mantienen que los ovnis y las abducciones por extraterrestres son premoniciones de «tiempos finales».

Si los ovnis vienen de otro planeta u otra dimensión, ¿son enviados por el mismo Dios que nos ha sido revelado en cualquiera de las religiones principales? No hay nada en el fenómeno de los ovnis, arguye la denuncia fundamentalista, que exija la creencia en el Dios único y verdadero, mientras que en su mayor parte contradice al Dios retratado en la Biblia y la tradición cristiana. En *La Nueva Era: una crítica cristiana* (1990), Ralph Rath habla sobre ovnis y, como es típico en esta literatura, lo hace con extrema credulidad. De ese modo sirve a su propósito de aceptar la realidad de los ovnis para envilecerlos como instrumentos de Satanás y del Anticristo, en lugar de usar el rasero del escepticismo científico. Esta herramienta, una vez afilada, podría conseguir mucho más que una simple erradicación limitada de la herejía.

El autor fundamentalista cristiano Hal Lindsey, en su exitoso libro religioso *Planeta Tierra. Año 2000*, escribe:

He llegado al pleno convencimiento de que los ovnis son reales... Los hacen funcionar seres extraterrestres de gran inteligencia y poder... Creo que esos seres no son sólo extraterrestres sino de origen sobrenatural. Para ser sincero, creo que son demonios... parte de un complot satánico.

¿Y cuál es la prueba para llegar a tal conclusión? Principalmente, los versículos 11 y 12 de San Lucas, capítulo 21, en los que Jesús habla de «grandes señales del cielo» —no se describe nada parecido a un ovni— en los últimos días. Desde luego, Lindsey ignora el verso 32, en el que Jesús deja muy claro que habla de acontecimientos en el siglo I, no en el XX.

También hay una tradición cristiana según la cual no puede existir vida extraterrestre. En *Christian News* del 23 de mayo de 1994, por ejemplo, W. Gary Crampton, doctor en Teología, nos comenta por qué:

La Biblia, ya sea explícita o implícitamente, se refiere a todos los aspectos de la vida; nunca nos deja sin respuesta. La Biblia no afirma ni niega explícitamente en ningún lugar la vida extraterrestre. Sin embargo, implícitamente, las Escrituras niegan la existencia de esos seres, negando así también la posibilidad de los platillos volantes... La Escritura ve la Tierra como el centro del universo... Según Pedro, está fuera de lugar un Salvador «que vaya de planeta en planeta». Ésta es la respuesta a la existencia de vida inteligente en otros planetas. Si existieran, ¿quién los redimiría? Cristo no, desde luego... Se debe renunciar siempre a las experiencias que no se ajustan a las enseñanzas de las Escrituras por falaces. La Biblia tiene un monopolio sobre la verdad.

Pero muchas otras sectas cristianas —la católica romana, por ejemplo— están completamente abiertas, sin objeciones a priori y sin ninguna insistencia, a la realidad de extraterrestres y ovnis.

A principios de la década de los sesenta argumenté que las historias de ovnis se acuñaban principalmente para satisfacer anhelos religiosos. En una época en que la ciencia ha complicado la adhesión aerífica a antiguas religiones, se presenta una alternativa a la hipótesis de Dios: los dioses y demonios de la antigüedad, con el disfraz de la jerga científica y la «explicación» de sus inmensos poderes con terminología superficialmente científica, bajan del cielo para atormentarnos, ofrecernos visiones proféticas y tentarnos con visiones de un futuro de esperanza: una religión misteriosa naciente en la era espacial.

El folclorista Thomas E. Bullard escribió en 1989 que:

las declaraciones de abducciones parecen refritos de tradiciones más antiguas de encuentros sobrenaturales en las que los extraterrestres cumplen el rol funcional de criaturas divinas.

Concluye:

Es posible que la ciencia haya expulsado a fantasmas y brujas de nuestras creencias, pero con la misma rapidez se ha llenado el vacío con extraterrestres que cumplen la misma función. Sólo los atavíos exteriores extraterrestres son nuevos. Todo el temor y los dramas psicológicos del trato con ellos parecen haber encontrado un nuevo camino, donde es tan habitual como en el reino de la leyenda que las cosas, de noche, empiecen a moverse.

¿Es posible que personas de todas las épocas y lugares experimenten ocasionalmente alucinaciones vividas realistas, a menudo con contenido sexual, sobre abducciones por parte de criaturas telepáticas y aéreas que brotan de las paredes... y que los detalles sean suministrados por el lenguaje cultural prevaleciente que emana del *Zeitgeist*? Otras personas que no han vivido la experiencia personalmente la encuentran conmovedora y en cierto modo familiar. La cuentan a más personas. Pronto toma vida propia, inspira a otros para comprender sus propias visiones y alucinaciones y entra en el reino del folclore, el mito y la leyenda. En esta hipótesis, la relación entre el contenido de alucinaciones espontáneas del lóbulo temporal y el paradigma de la abducción por extraterrestres es coherente.

Quizá cuando todo el mundo sabe que los dioses descienden a la Tierra, alucinamos sobre dioses; cuando todos estamos familiarizados con los demonios, son incubos y súcubos; cuando las hadas son ampliamente aceptadas, vemos hadas; en una época de espiritualismo, encontramos espíritus; y, cuando los viejos mitos se apagan y empezamos a pensar que es plausible la existencia de seres extraterrestres, nuestra imaginaria hipnagógica va hacia ellos.



Podemos recordar en detalle décadas después pedazos de canciones o idiomas extranjeros, imágenes y acontecimientos que presenciamos, historias que escuchamos en nuestra infancia, sin tener conciencia de cómo nos llegaron a la cabeza. «En las fiebres agudas, gente completamente ignorante hablaba en lenguas muertas —dice Hermán Melville en *Moby Dick*—; y al investigarse el misterio resultó que en su lejana niñez las habían oído hablar realmente a algunos eruditos». En nuestra vida cotidiana incorporamos sin esfuerzo e inconscientemente normas culturales y las hacemos nuestras.

En las «alucinaciones de órdenes» de la esquizofrenia se encuentra presente una asimilación similar de motivos. Los afectados sienten que una figura imponente o mítica les dice lo que tienen que hacer. Se les ordena que asesinen a un líder político o a un héroe popular, o que derroten a los invasores británicos, o que se lesionen ellos mismos, porque es la voluntad de Dios, de Jesús, del diablo, o de demonios, ángeles y —últimamente— extraterrestres. El esquizofrénico se siente traspasado por una orden clara y profunda de una voz que nadie más puede escuchar y que él ha de identificar de algún modo. ¿Quién podría *emitir* una orden así? ¿Quién *podría* hablar dentro de nuestra cabeza? La cultura en la que hemos nacido y vivido nos ofrece una respuesta.

Pensemos en el poder de la imagen repetitiva en la publicidad, especialmente para televidentes y lectores impresionables. Nos puede hacer creer casi cualquier cosa... hasta que fumar cigarrillos imprime carácter. En nuestra época, los extraterrestres putativos sirven de tema de innumerables historias de ciencia ficción, novelas, telefilmes y películas. Los ovnis son una característica habitual de los semanarios sensacionalistas dedicados al engaño y la mistificación. Una de las películas de cine con mayor recaudación bruta de todos los tiempos trata de extraterrestres muy parecidos a los descritos por los abducidos. Los relatos de abducciones por extraterrestres eran relativamente raros antes de 1975, cuando se emitió por televisión una crédula dramatización del caso Hill; dieron otro salto a la atención pública después de 1987, cuando el relato de primera mano de Strieber, con el retrato en portada de un «extraterrestre» de ojos grandes, se convirtió en éxito de ventas. En contraste, últimamente se oye hablar muy poco de incubos, elfos y hadas. ¿Dónde han ido a parar?

Lejos de ser globales, el localismo de esas historias de abducción por extraterrestres es decepcionante. La gran mayoría proceden de Estados Unidos. Apenas trascienden a la cultura americana. En otros países se habla de extraterrestres con cabeza de pájaro, insecto, reptil, robot, y rubios con ojos azules (el último, es fácil predecirlo, del norte de Europa). Se dice que

cada grupo de extraterrestres se comporta de manera diferente. Es evidente que los factores culturales juegan un papel importante.

Mucho antes de que se inventaran los términos «platillo volante» y «ovnis», la ciencia ficción estaba llena de «hombrecillos verdes» y «monstruos con ojos de insecto». De algún modo, durante mucho tiempo, nuestros extraterrestres clásicos han sido seres pequeños y lampiños con grandes cabezas (y ojos). Se los podía ver habitualmente en las revistas de ciencia ficción de la década de 1920 y 1930 (y, por ejemplo, en la ilustración de un marciano que envía mensajes a la Tierra en el ejemplar de diciembre de 1937 de la revista *Short Wave and Televisión*). Quizá el tema venga de nuestros remotos descendientes, tal como los pintara el pionero británico de la ciencia ficción H. G. Wells. Wells argüía que los humanos habían evolucionado de primates de cerebro más pequeño pero más peludos con un aire atlético que superaba con creces el de los académicos Victorianos; extrapolando esta tendencia hacia el futuro lejano, sugirió que nuestros descendientes serían casi lampiños, con cabezas inmensas, aunque apenas capaces de andar por sí mismos. Los seres avanzados de otros mundos podrían estar dotados de manera similar.

El típico extraterrestre moderno del que se habla en Estados Unidos en la década de los ochenta y principios de los noventa es pequeño, con la cabeza y los ojos desproporcionadamente grandes, facciones subdesarrolladas, sin cejas ni genitales visibles y con la piel gris suave. A mí me parece tan horripilante como un feto en la duodécima semana de embarazo o un niño muerto de hambre. Es una cuestión interesante por qué tanta gente puede obsesionarse por unos fetos o niños malnutridos e imaginarlos atacándonos y manipulándonos sexualmente.

En años recientes, en Norteamérica, han empezado a surgir extraterrestres distintos del tipo pequeño y gris. Un psicoterapeuta, Richard Boylan, de Sacramento, dice:

Hay tipos de un metro a un metro veinte; los hay de metro cincuenta a metro ochenta; de dos metros a dos cuarenta; hay tipos de tres, cuatro y cinco dedos, almohadillas en las yemas de los dedos o ventosas; hay dedos con membrana interdigital o sin ella; hay ojos grandes en forma de almendra inclinados hacia arriba, hacia abajo u horizontales; en algunos casos, grandes ojos ovoides sin inclinación; hay extraterrestres con pupilas partidas; hay otros tipos de cuerpo diferentes —el llamado tipo mantis religiosa, los reptiloides... Son los que encuentro con más asiduidad. Hay algunos informes de casos exóticos y únicos sobre los que prefiero mostrar cierta cautela hasta disponer de corroboración.

A pesar de esta aparente variedad de extraterrestres, me parece que el síndrome de la abducción ovni retrata un universo banal. La forma de los

supuestos extraterrestres muestra una gran falta de imaginación y preocupación por los asuntos humanos. Ni un solo ser presentado en todos esos relatos es más asombroso de lo que sería una cacatúa para quien no ha visto nunca un pájaro. Cualquier libro de texto de protozoología, bacteriología o micología está lleno de maravillas que superan en mucho las descripciones más exóticas de los abductores extraterrestres. Los creyentes toman los elementos comunes de sus historias como pruebas de verosimilitud más que como una prueba de que las han inventado a partir de una cultura y biología compartidas.

**CAPÍTULO 8**

**SOBRE LA DISTINCIÓN  
ENTRE VISIONES  
VERDADERAS Y FALSAS**

Una mente crédula... encuentra el mayor deleite en creer cosas extrañas y, cuanto más extrañas son, más fácil le resulta creerlas; pero nunca toma en consideración las que son sencillas y posibles, porque todo el mundo puede creerlas.

SAMUEL BUTLER,  
*Caracteres*  
(1667-1669)

Durante un breve instante noto una aparición en la habitación en penumbra: ¿podría ser un fantasma? O hay un movimiento; lo veo por el rabillo del ojo pero, cuando vuelvo la cabeza, no hay nada. ¿Está sonando un teléfono o es sólo mi «imaginación»? Asombrado, me parece oler el aire salado del verano a orillas del mar en Coney Island de cuando era pequeño. Giro por una esquina en una ciudad extranjera que visito por primera vez y encuentro ante mí una calle tan familiar que siento que la conozco de toda la vida.

En esas experiencias habituales, normalmente nos mostramos inseguros sobre qué hacer a continuación. ¿Me engañan mis ojos (u oídos, nariz o memoria)? ¿O es que, real y verdaderamente, soy testigo de algo fuera del curso ordinario de la naturaleza? ¿Debería callármelo, o decirlo?

La respuesta depende en gran medida del entorno, los amigos, las personas queridas y la cultura. En una sociedad de una rigidez obsesiva y de orientación práctica, seguramente yo mostraría prudencia a la hora de admitir estas experiencias. Me pueden tildar de frívolo, demente, poco fiable. Pero en una sociedad que se apresura a creer en fantasmas, por ejemplo, o «concesiva», relatar este tipo de experiencias podría merecer aprobación e incluso prestigio. En el primer caso, yo tendría la grave tentación de suprimirlo todo; en el segundo, quizá incluso exageraría o lo elaboraría un poco para darle un aire más milagroso todavía.

Charles Dickens, que vivió en una cultura racional floreciente en la que, sin embargo, también prosperaba el espiritualismo, describió el dilema con estas palabras (de su cuento: «Para no tomarlo muy en serio»):

Siempre he percibido la prevalencia de una falta de coraje, incluso en personas de inteligencia y cultura superiores, para comunicar sus propias experiencias psicológicas cuando han sido de un tipo extraño. Casi todos los hombres temen no encontrar un paralelo o respuesta en la vida interior del que escucha, que podría tomar su relato con sospecha o burla. Un viajero veraz que hubiera visto una criatura extraordinaria parecida a una serpiente marina no tendría temor de mencionarlo; pero si el mismo viajero hubiera tenido algún presentimiento singular, impulso, extravagancia de pensamiento, visión

(así llamada), sueño u otra impresión remarcable, tendría grandes dudas para reconocerlo. A esta resistencia atribuyo yo gran parte de la oscuridad en la que están implicados tales sujetos.

En nuestra época todavía se ridiculiza y descarta a menudo con risas, pero hay más posibilidades de, vencer la reserva y la ocultación; por ejemplo, en el entorno «de apoyo» que proporcionan un terapeuta o hipnotizador. Por desgracia —y por increíble que sea para algunos—, la distinción entre imaginación y memoria a menudo es poco clara. Algunos «abducidos» dicen recordar la experiencia sin hipnosis; muchos no pueden. Pero la hipnosis es una manera poco fiable de refrescar la memoria. Suele provocar imaginación, fantasía y juego además de recuerdos verdaderos, y ni el paciente ni el terapeuta son capaces de distinguir unos de otros. La hipnosis parece implicar, de manera central, un estado de sugestibilidad intensificada. Los tribunales han prohibido su uso como prueba o incluso como herramienta de investigación criminal. La Asociación Médica Americana considera menos fiables los recuerdos que surgen bajo hipnosis que los que aparecen sin ella. Un libro de texto médico estándar (Harold I. Kaplan, *Textos generales de psiquiatría*, 1989) advierte de «una gran posibilidad de que las creencias del hipnotizador sean comunicadas al paciente e incorporadas en lo que el paciente cree que son recuerdos, a menudo con una fuerte convicción». Así pues, el hecho de una persona, al ser hipnotizada, relate historias de abducción por extraterrestres tiene poco peso. Se corre el peligro que los sujetos estén —al menos en algunos asuntos— tan dispuestos a complacer al hipnotizador que respondan a sugerencias sutiles de las que ni siquiera éste es consciente.

En un estudio de Alvin Lawson, de la Universidad del Estado de California, en Long Beach, un médico sometió a una sesión de hipnotismo a ocho sujetos, con un cribado previo para eliminar a los entusiastas de los ovnis. Les informó de que habían sido abducidos y, tras ser llevados a una nave espacial, examinados. Sin más instigación, les pidió que describieran la experiencia. Los relatos, la mayoría obtenidos sin mayor problema, eran casi indistinguibles de los que presentan los que se declaran abducidos. Es cierto que Lawson había dado indicaciones breves y directas a sus sujetos; pero, en muchos casos, los terapeutas que tratan rutinariamente las abducciones por extraterrestres dan indicaciones a *sus* pacientes... a algunos con gran detalle, a otros más sutil e indirectamente.

El psiquiatra George Ganaway (tal como lo refiere Lawrence Wright) planteó en una ocasión a una paciente altamente sugestionable bajo hipnosis que había perdido el recuerdo de cinco horas de un día determinado. Cuando mencionó una luz brillante sobre su cabeza, ella inmediatamente le habló de

ovnis y extraterrestres. Tras insistir el psiquiatra en que habían experimentado con ella, apareció una detallada historia de abducción. Pero, cuando salió del trance y analizó el vídeo de la sesión, ella misma reconoció que había notado la emergencia de algo como un sueño. Durante el año siguiente, sin embargo, volvió repetidas veces al material del sueño.

Elizabeth Loftus, psicóloga de la Universidad de Washington, ha encontrado que se puede hacer creer a sujetos no hipnotizados que vieron algo que no vieron. Un experimento típico es que los sujetos vean una película de un accidente de coche. En el curso de la interrogación sobre lo que vieron, se les da casualmente información falsa. Por ejemplo, se hace referencia a una señal de stop, a pesar de no haber ninguna en la película. Muchos recuerdan entonces obedientemente haber visto una señal de stop. Cuando se les revela el engaño, algunos protestan con vehemencia e insisten en que recuerdan la señal vividamente. Cuanto mayor es el lapsus de tiempo entre la visión de la película y la recepción de la información falsa, más aceptan la desnaturalización de sus recuerdos. Loftus arguye que «los recuerdos de un acontecimiento tienen mayor parecido a una historia sujeta a una revisión constante que a un bloque de información original».

Hay muchos más ejemplos, algunos —el falso recuerdo de haberse perdido de pequeños en unos grandes almacenes, por ejemplo— de mayor impacto emocional. Una vez sugerida la idea clave, el paciente a menudo da cuerpo de manera verosímil a los detalles que la avalan. Es fácil inducir recuerdos lúcidos pero totalmente falsos con una serie de claves y preguntas, especialmente en el contexto terapéutico. Los recuerdos se pueden contaminar. Se pueden implantar recuerdos falsos incluso en mentes que no se consideran a sí mismas vulnerables ni acríticas.

Stephen Ceci, de la Universidad de Cornell, Loftus y sus colegas han encontrado, sin sorpresa, que los preescolares son excepcionalmente vulnerables a la sugestión. Un niño que, cuando se le pregunta por primera vez, niega que una trampa de ratones le hubiera pillado la mano, más tarde recuerda el acontecimiento con vívidos detalles que ha ido generando. Cuando se le habla más directamente de «cosas que te pasaron cuando eras pequeño», con el tiempo llega a consentir con bastante facilidad los recuerdos implantados. Los profesionales que miran las cintas de vídeo de los niños sólo pueden aventurar qué recuerdos son falsos y cuáles verdaderos. ¿Hay alguna razón para pensar que los adultos son totalmente inmunes a las falibilidades que muestran los niños?

El presidente Ronald Reagan, que pasó la segunda guerra mundial en Hollywood, describió vividamente su papel en la liberación de las víctimas de los campos de concentración nazi. Como vivía en el mundo del cine, parece que confundía una película que había visto con una realidad que no



había visto. En sus campañas presidenciales, el señor Reagan contó en muchas ocasiones una historia épica de coraje y sacrificio, motivo de inspiración para todos nosotros. Sólo que nunca ocurrió; era el argumento de la película *A Wing and a Prayer...* que también a mí me impresionó mucho cuando la vi a los nueve años. Es fácil encontrar muchos más ejemplos de este tipo en las declaraciones públicas de Reagan. No es difícil imaginar los serios peligros públicos que entrañan los casos en que líderes políticos, militares, científicos o religiosos son incapaces de distinguir la realidad de la ficción vivida.

Cuando preparan el testimonio en el juzgado, los testigos reciben consejos de sus abogados. A menudo se les hace repetir la historia una y otra vez hasta que la dicen «bien». Entonces, en el estrado, lo que recuerdan es la historia que han estado contando en el despacho del abogado. Los matices se han ensombrecido. O quizá ya no correspondan, ni siquiera en sus características principales, a lo que ocurrió realmente. Los testigos pueden haber olvidado oportunamente que sus recuerdos fueron reprocesados.

Esos hechos son relevantes en la evaluación de los efectos sociales de la publicidad y la propaganda nacional. Pero aquí sugieren que, en los asuntos de abducción por extraterrestres —donde las entrevistas suelen realizarse años después del supuesto acontecimiento—, los terapeutas deben cuidarse mucho de implantar o seleccionar accidentalmente historias que sugieren ellos.

Quizá lo que realmente recordamos es una serie de fragmentos de recuerdos cosidos a una tela de nuestra propia imaginación. Si cosemos con la suficiente inteligencia, conseguimos hacernos una historia memorable fácil de recordar. Los fragmentos por sí mismos, sin el vínculo de la asociación, son más difíciles de salvar. La situación es bastante parecida al método propio de la ciencia, con el que se pueden recordar, resumir y explicar muchos datos en el marco de una teoría. Entonces recordamos mucho más fácilmente la teoría y no los datos.

En la ciencia siempre se están volviendo a valorar y confrontar las teorías con nuevos hechos; si la discordancia de los hechos es seria —más allá del margen de error—, quizá debería revisarse la teoría. Pero, en la vida cotidiana, es muy raro que nos enfrentemos a nuevos hechos sobre acontecimientos de hace tiempo. Nuestros recuerdos no se ven casi nunca desafiados. En cambio pueden quedar fijos, por muy defectuosos que sean, o convertirse en una obra en continua revisión artística.

Mejor atestiguadas que las apariciones de dioses y demonios son las de santos, especialmente de la Virgen María en la Europa occidental desde finales de la época medieval hasta la moderna. Aunque el aire de las historias de abducción por extraterrestres es mucho más profano y demoníaco, se puede ver el mito de los ovnis con mayor perspicacia a partir de visiones descritas como sagradas. Quizá las más conocidas sean las de Juana de Arco en Francia, santa Brígida en Suecia y Girolamo Savonarola en Italia. Pero son más adecuadas a nuestro propósito las apariciones vistas por pastores, campesinos y niños. En un mundo azotado por la incertidumbre y el horror, esas personas anhelaban el contacto con lo divino. William A. Christian Jr., en su libro *Apparitions in Late Medieval and Renaissance Spain* (Princeton University Press, 1981), proporciona un registro detallado de esos acontecimientos en Castilla y Cataluña.

Un caso típico es el de una mujer o una niña campesinas que dicen haber encontrado a una niña o mujer extrañamente pequeña —algo así como de un metro de altura— que se le revela como la Virgen María, la Madre de Dios. Ésta le pide a la sorprendida testigo que vaya a las autoridades civiles y de la Iglesia locales y les ordene decir plegarias por los muertos, obedecer los mandamientos o construir un santuario en aquel mismo lugar. Si no acceden, los amenaza con terribles castigos, quizá una plaga. Otras veces, en épocas de epidemia, María promete curar la enfermedad, pero sólo si se cumplen sus demandas.

La testigo intenta hacer lo que le dicen. Pero cuando informa a su padre, su marido o el cura, le ordenan que no cuente la historia a nadie; es una tontería femenina, una frivolidad o una alucinación demoníaca. Así, ella no dice nada. Días después se le vuelve a aparecer María, un poco molesta porque no se ha honrado su petición.

«No me creerán —se lamenta la testigo—. Dame una señal.»

Se necesita *una prueba*.

Así, María —que por lo visto no había previsto que tendría que proporcionar una prueba— le da una señal. Los del pueblo y los curas se convencen en seguida. Se construye el santuario. Ocurren curaciones milagrosas en la vecindad. Llegan peregrinos de todas partes. La economía local mejora. Se nombra a la testigo original guardiana del sacro santuario.

En la mayoría de los casos que conocemos, se creó una comisión de investigación, formada por autoridades civiles y eclesiásticas, que atestiguaban si la aparición era genuina... a pesar del escepticismo inicial, casi exclusivamente masculino. Pero el nivel de las pruebas no solía ser alto. En un caso se aceptó seriamente el testimonio delirante de un niño de ocho años dos días antes de morir por una epidemia. Algunas comisiones siguieron deliberando durante décadas o incluso hasta un siglo después del acontecimiento.

En *Sobre la distinción entre visiones verdaderas y falsas*, un experto sobre el tema, Jean Gerson, alrededor del año 1400, resumió los criterios para reconocer la credibilidad del testigo de una aparición: uno era la disponibilidad a aceptar consejo de la jerarquía política y religiosa. Así, aquel o aquella que tuviesen una aparición molesta para los que estaban en el poder era ipso facto un testigo poco fiable, y se podía hacer decir a santos y vírgenes lo que las autoridades querían oír.

Las «señales» que supuestamente proporcionaba María, las pruebas que se ofrecían y que se consideraban irresistibles eran cosas como una vela ordinaria, un trozo de seda o una piedra magnética; un pedazo de ladrillo de color; huellas; una recolección extraordinariamente rápida de cardos por parte de la testigo; una sencilla cruz de madera hincada en la tierra; verdugones y heridas en la testigo; y una variedad de contorsiones —una niña de doce años con la mano en extraño gesto, o las piernas dobladas hacia atrás, o una imposibilidad de abrir la boca que la deja muda temporalmente— que se «curan» en cuanto se acepta la historia.

En algunos casos es posible que los relatos se compararan y coordinaran antes de dar testimonio. Por ejemplo, en una ciudad pequeña podía haber múltiples testimonios de la aparición de una mujer alta y reluciente la noche anterior, toda vestida de blanco, con un niño en el regazo y envuelta en una luz que iluminaba la calle. Pero, en otros casos, personas que estaban físicamente junto a la testigo no pudieron ver nada, como en este informe de una aparición en Castilla en 1617:

«Ay, Bartolomé, la dama que me ha venido a ver esos días pasados se acerca a través del prado, y se arrodilla y abraza la cruz.; ¡mira, mírala!» Aunque el joven puso toda su atención en ello, no vio más que unos pájaros que volaban por encima de la cruz.

No es difícil encontrar motivos posibles para inventar y aceptar estas historias: trabajo para los curas, notarios, carpinteros y mercaderes, y otros estímulos a la economía regional en una época de depresión; el ascenso de condición social de la testigo y su familia; nuevas oraciones para familiares enterrados en cementerios que fueron abandonados más tarde a causa de la plaga, la sequía y la guerra; exaltación del espíritu público contra los enemigos, especialmente los moros; mejor urbanidad y obediencia a la ley canónica, y confirmación de la fe de los piadosos. El fervor de los peregrinos en esos santuarios era impresionante: no era raro que mezclaran fragmentos de roca o barro del santuario con el agua y se la bebieran como medicina. Pero no pretendo sugerir que la mayoría de testigos inventaban la historia. Había algo más.

Es de destacar que casi todas las apremiantes peticiones de María fueran de lo más prosaico, como por ejemplo en esta aparición de 1483 en Cataluña:

Te exhorto por tu alma que exhortes a las almas de los hombres de las parroquias de El Tom, Milleras, El Sallent y Sant Miquel de Campmaior a exhortar a las almas de los curas para que pidan a la gente que pague los diezmos y todos los impuestos de la iglesia y restituya lo que poseen encubierta o abiertamente que no sea suyo a sus verdaderos propietarios en el plazo de treinta días, porque será necesario, y que observen la santificación del domingo.

Y segundo que dejen de blasfemar y ejerzan la *charitas* correspondiente ordenada por sus antepasados muertos.

A menudo el testigo ve la aparición justo después de despertar. Francisca la Brava atestiguó en 1523 que se había levantado de la cama «sin saber si tenía el dominio de sus sentidos», aunque en un testimonio posterior declaraba estar totalmente despierta. (Era la respuesta a una pregunta que permitía una serie de posibilidades: totalmente despierta, adormecida, en trance, dormida.) A veces la ausencia de detalles es total, como en el aspecto de los ángeles acompañantes; o se describe a María alta y baja a la vez, madre e hijo a un tiempo... características que indudablemente sugieren el material de un sueño. En el *Diálogo sobre milagros*, escrito alrededor de 1223 por Caesarius de Heisterbach, las visiones clericales de la Virgen María ocurrían con frecuencia durante los *matins*, que se rezaban a medianoche.

Es natural sospechar que muchas de esas apariciones, quizá todas, fueran una especie de sueño, en vigilia o dormido, compuesto por mistificaciones (y por engaños; había un negocio floreciente en milagros inventados: pinturas y estatuas religiosas halladas por casualidad o por orden divina). Se hablaba del tema en *Siete Partidas*, el código de ley canónica y civil compilado bajo la dirección de Alfonso X el Sabio, rey de Castilla, alrededor de 1248. En él podemos leer lo siguiente:

Hay hombres que descubren o construyen fraudulentamente altares en campos o ciudades, diciendo que son reliquias de ciertos santos en esos lugares y con la pretensión de que realizan milagros y, por esta razón, gente de muchos lugares se ve inducida a ir en peregrinaje a fin de llevarse algo de ellos; y hay otros que, influidos por sueños o fantasmas vacíos que se les aparecen, erigen altares y simulan descubrirlos en las localidades antes citadas.

Al enumerar las razones de las creencias erróneas, Alfonso traza una línea continua que va desde la secta, la opinión, la fantasía y el sueño hasta la alucinación. Una suerte de fantasía llamada *antoianga* se define de este modo:

*Antoianca* es algo que se detiene ante los ojos y luego desaparece, como si uno lo viera u oyera en trance, y por consiguiente sin sustancia.

Una bula papal de 1517 hace una distinción entre las apariciones que aparecen «en sueños o por inspiración divina». Está claro que las autoridades seculares y eclesiásticas, incluso en épocas de extrema credulidad, estaban alerta a las posibilidades de mistificación e ilusión.

A pesar de todo, en la mayor parte de la Europa medieval, estas apariciones eran recibidas gratamente por el clero católico romano, especialmente porque las admoniciones marianas eran muy convenientes para el sacerdocio. Bastaban unas cuantas «señales» patéticas como prueba, una piedra o una huella, y nunca algo que no fuera susceptible de fraude. Pero, a partir del siglo XV, en los albores de la Reforma protestante, la actitud de la Iglesia cambió. Aquellos que declaraban tener un canal independiente con el cielo burlaban la cadena de mando de la Iglesia hasta Dios. Además, algunas apariciones —por ejemplo, las de Juana de Arco— tenían desagradables implicaciones políticas o morales. Los inquisidores describieron los peligros que representaba la visión de Juana de Arco en 1431 en estos términos:

Se le mostró el gran peligro que corre quien tiene la pretensión de creer que tiene apariciones y revelaciones así y, en consecuencia, miente sobre asuntos que conciernen a Dios, expresando falsas profecías y adivinaciones no conocidas por Dios, sino inventadas. De lo que puede derivarse la seducción de personas, el comienzo de nuevas sectas y muchas más impiedades que subvierten a la Iglesia y los católicos.

Tanto Juana de Arco como Girolamo Savonarola fueron quemados en la hoguera por sus visiones.

En 1516, el quinto Concilio Laterano reservó a «la sede apostólica» el derecho a examinar la autenticidad de las apariciones. Para los campesinos pobres cuyas visiones no tenían contenido político, los castigos no alcanzaban la máxima severidad. La aparición mariana que tuvo Francisca la Brava, una madre joven, fue descrita por el licenciado Mariana, el señor inquisidor, como «en detrimento de nuestra fe católica y para disminución de su autoridad». Su aparición «era todo vanidad y frivolidad». «En derecho la podíamos haber tratado con más rigor», seguía el inquisidor,

pero en deferencia a ciertas razones justas que nos mueven a mitigar el rigor de las sentencias, decretamos como castigo a Francisca la Brava y ejemplo para que otros no intenten cosas similares la condena de ser puesta sobre un asno para recibir cien latigazos en público por las calles acostumbradas de Belmente, desnuda de cintura para arriba, y el mismo número en la ciudad de El Quintanar del mismo modo. Y de ahora en adelante no dirá ni afirmará en

público o en secreto mediante palabra o insinuación lo que ha dicho en sus confesiones o en otro caso será perseguida como impenitente y persona que no cree o no está de acuerdo con lo que ordena nuestra sagrada fe católica.

A pesar de los castigos, asombra la frecuencia con que los testigos se mantenían en sus trece e —ignorando los estímulos que se les ofrecían para confesar que estaban mintiendo o soñando o confusos— insistían en que real y verdaderamente habían tenido aquella visión.

En una época en la que prácticamente todo el mundo era analfabeto, antes de los periódicos, la radio y la televisión, ¿cómo es posible que los detalles religiosos e iconográficos de estas apariciones fueran tan similares? William Christian cree que la respuesta se halla en la dramaturgia religiosa (especialmente en las representaciones de Navidad), en los predicadores itinerantes y peregrinos, en los sermones de las iglesias. Las leyendas sobre los santuarios se extienden con rapidez. A veces llega gente que vive a cien kilómetros de distancia o más con el fin, por ejemplo, de curar a su hijo enfermo con un guijarro pisado por la Madre de Dios. Las leyendas influían en las apariciones y viceversa. En una época acosada por la sequía, las epidemias y la guerra, sin servicios sociales o médicos disponibles para la mayoría, que desconocía la ilustración pública y el método científico, el pensamiento escéptico era raro.

¿Por qué las admoniciones son tan prosaicas? ¿Por qué es necesaria la aparición de un personaje tan ilustre como la Madre de Dios para que en un pequeño lugar poblado por unos miles de almas se reconstruya un santuario o el populacho se abstenga de maldecir? ¿Por qué no entregan mensajes importantes y proféticos cuya significación se pueda reconocer en años posteriores como algo que sólo podía haber emanado de Dios o los santos? ¿No habría potenciado esto en gran manera la causa católica en su lucha a muerte contra el protestantismo y la Ilustración? Pero no se sabe de apariciones que adviertan a la Iglesia, por ejemplo, contra la ilusión de un universo centrado en la Tierra, o que censuren la complicidad con la Alemania nazi, dos temas de gran importancia moral además de histórica en los que, meritoriamente, el papa Juan Pablo II ha reconocido el error de la Iglesia.

Ni un solo santo criticó la práctica de la tortura y quema de «brujas» y herejes. ¿Por qué? ¿No eran conscientes de lo que ocurría? ¿No eran capaces de captar su maldad? ¿Y por qué María siempre da órdenes al pobre campesino de informar a las autoridades? ¿Por qué no las amonesta ella misma? O al rey. O al papa. En los siglos XIX y XX, es cierto, algunas apariciones han adquirido gran importancia: en Fátima, Portugal, la Virgen mostró su cólera en 1917 por la sustitución del gobierno de la Iglesia por un gobierno secular, y en Garabandal, España, en 1961-1965, amenazó con el fin

del mundo si no se respetaban a partir de entonces doctrinas políticas y religiosas conservadoras.

Creo ver muchos paralelos entre las apariciones marianas y las abducciones por extraterrestres; aunque, en el primer caso, los testimonios no son llevados al cielo a gran velocidad ni sufren intromisiones en sus órganos reproductores. Las criaturas que se declaran ver son diminutas, casi siempre de apenas un metro. Vienen del cielo. El contenido de la comunicación, a pesar del supuesto origen celestial, es mundano. Parece haber una clara relación con el hecho de dormir y soñar. A las testigos, normalmente mujeres, les da apuro hablar, especialmente después de enfrentarse a la ridiculización por parte de los varones en posiciones de autoridad. A pesar de todo, persisten: insisten en haber visto realmente lo que dicen. Hay distintas maneras de transmitir las historias; se comentan con afán y eso permite hacer coincidir los detalles entre testigos que no se han visto nunca. Otras personas que estaban presentes en el momento y lugar de la aparición no ven nada inusual. Las «señales» o supuestas pruebas, sin excepción, no son algo que los humanos no puedan adquirir o fabricar por su cuenta. Ciertamente, María parece contraria a la necesidad de pruebas y, ocasionalmente, está dispuesta a curar sólo a los que habían creído el relato de su aparición *antes* de proporcionar «señales». Y mientras no hay terapeutas, se extiende por la sociedad una influyente red de curas parroquiales y jerarcas que tienen un interés personal en la realidad de las visiones.

En nuestra época todavía hay apariciones de María y algunos ángeles, pero también —como lo resume G. Scott Sparrow, un psicoterapeuta e hipnotizador— de Jesús. En *I Am with You Always: True Stories of Encounters with Jesús* (Bantam, 1995) se presentan relatos de primera mano, algunos conmovedores, otros banales, de encuentros así. Curiosamente, la mayoría son sueños directos, reconocidos como tales, y se dice que las llamadas visiones difieren de los sueños «sólo en que las experimentamos cuando estamos despiertos». Pero, para Sparrow, el hecho de valorar algo como «sólo un sueño» no compromete su realidad externa. Según él, cualquier ser en el que se sueña y cualquier incidente existen realmente en el mundo exterior a uno mismo. Niega específicamente que los sueños sean «puramente subjetivos». Las pruebas no tienen nada que ver. Si uno sueña algo, si le sienta bien, si le produjo asombro, es que ocurrió realmente. Sparrow no es en absoluto escéptico. Cuando Jesús le dice a una mujer con problemas por un matrimonio «intolerable» que eche de casa al pobre diablo, Sparrow admite que eso plantea problemas a los «defensores de una posición coherente con las Escrituras». En este caso «quizá se podría decir que prácticamente toda presunta guía se genera en el propio interior». ¿Y si alguien contase un sueño en el que Jesús aconsejaba, por ejemplo, el aborto o

la venganza? Y si, ciertamente, es necesario hacer distinciones entre sueños y concluir, pues, que *algunos* sueños son un invento del soñador, ¿por qué no todos?

---000---

¿Por qué la gente inventa historias de abducciones? ¿Por qué se presenta en programas de televisión con participación de público que se dedican a humillar sexualmente al «invitado»: la pasión de moda en el erial americano de la pequeña pantalla? Descubrir que uno es abducido por extraterrestres sirve al menos para romper la rutina cotidiana. Se consigue la atención de los demás, de los terapeutas e incluso de los medios de comunicación. Produce una sensación de descubrimiento, alegría, respeto. ¿Qué más podrá recordar uno a continuación? Empieza a creer que puede ser el precursor o incluso el instrumento de acontecimientos trascendentales que se precipitan hacia nosotros. Y no quiere decepcionar al terapeuta. Busca su aprobación. Creo que convertirse en abducido puede reportar buenas recompensas psíquicas.

Con ánimo comparativo, podríamos pensar en casos de productos en mal estado que no generan el sentimiento de asombro que rodea a los ovnis y las abducciones por extraterrestres: alguien declara haber encontrado una jeringa hipodérmica en una lata de refresco. Como es comprensible, el asunto es preocupante. Se informa de ello en los periódicos y especialmente en las noticias de televisión. Pronto se produce un torrente, una epidemia virtual de informes similares en todo el país. Pero es muy difícil imaginar que pueda meterse una jeringa hipodérmica en una lata en la fábrica y en ninguno de los casos hay testigos presentes cuando se abre una lata intacta y se descubre dentro la jeringa.

Lentamente va tomando consistencia la hipótesis de que se trata de imitadores. La gente simula encontrar jeringas en latas de refrescos. ¿Por qué? ¿Qué posibles motivos había? Algunos psiquiatras dicen que los principales motivos son la avaricia (denunciar al fabricante por daños), afán de atención y la necesidad de ser retratado como víctima. No hay terapeutas que insinúen que en realidad hay agujas en las latas y apremien a sus pacientes —sutil o directamente— a informar públicamente de la noticia. Además se imponen penas severas por desprestigiar un producto, e incluso por alegar falsamente que un producto ha sido manipulado. En cambio, *hay* terapeutas que animan a los abducidos a contar sus historias a audiencias masivas, y no hay multas por declarar falsamente haber sido abducido por un ovni. Sea cual sea la razón para emprender este camino, sin duda debe de ser mucho más satisfactorio convencer a los demás de que uno ha sido elegido



por seres superiores para sus propósitos enigmáticos que de haber encontrado por mera casualidad una jeringa hipodérmica en un refresco.

## CAPITULO 9

# TERAPIA

Es un error capital teorizar antes de tener datos. Sin darse cuenta, uno empieza a deformar los hechos para que se adapten a las teorías, en lugar de adaptar las teorías a los hechos.

Sherlok Holmes  
en *Escándalo en Bohemia*,  
de ARTHUR CONAN DOYLE  
(1891)

Los recuerdos verdaderos parecían fantasmas, mientras los falsos eran tan convincentes que sustituían a la realidad.

GABRIEL GARCÍA MÁRQUEZ,  
*Extraños peregrinos* (1992)

John Mack es un psiquiatra de la Universidad de Harvard al que conozco hace muchos años.

¿Hay algo en este asunto de los ovnis?, me preguntó hace tiempo.

No mucho, contesté yo. Excepto en el aspecto psiquiátrico desde luego.

Él lo estudió, entrevistó a abducidos y se convirtió. Ahora acepta los relatos de abducidos a pies juntillas. ¿Por qué?

«No buscaba eso», dice él. «Nada en mis antecedentes me preparaba» para la historia de la abducción por extraterrestres. «El poder emocional de estas experiencias las hace totalmente convincentes.» En su libro *Abducciones*, Mack propone explícitamente la peligrosa doctrina de que «el poder o intensidad con que se siente algo» es una guía para saber si es verdad.

Yo puedo dar testimonio personalmente del poder emocional. Pero ¿las emociones fuertes no son acaso un componente habitual de nuestros sueños? ¿No nos despertamos a veces helados de terror? ¿No conoce Mack, autor por su parte de un libro sobre pesadillas, el poder emocional de las alucinaciones? Algunos pacientes de Mack dicen que han alucinado desde la infancia. ¿Los hipnotizadores y psicoterapeutas que trabajan con «abducidos» han intentado sumergirse a conciencia en el conjunto de conocimientos sobre alucinaciones y disfunciones perpetuas? ¿Por qué creen a *esos* testigos y no a los que, con una convicción comparable, declaran encuentros con dioses, demonios, santos, ángeles y hadas? ¿Y los que escuchan exigencias irresistibles de una voz interior? ¿Son verdad todas las historias que se sienten profundamente?

Una científica que conozco dice: «Si los extraterrestres se quedaran a todos los que abducen, nuestro mundo sería un poco más cuerdo.» Pero es un juicio demasiado severo. No parece ser un problema de cordura. Es algo más. El psicólogo canadiense Nicholas Spanos y sus colegas llegaron a la conclusión de que no había patologías obvias en los que declaraban ser abducidos por ovnis. Sin embargo,

es más probable que las experiencias intensas de ovnis ocurran en individuos que se inclinan hacia creencias esotéricas en general y creencias extraterrestres en particular y que interpretan las experiencias sensoriales e

imaginarias inusuales en términos de hipótesis sobre extraterrestres. Entre los que creen en ovnis, los que tenían una mayor propensión a la producción de fantasía eran particularmente proclives a generar estas experiencias. Además, lo más probable es que estas experiencias se generasen e interpretasen como acontecimientos reales más que imaginados cuando se asociaban a entornos sensoriales limitados... (por ejemplo, experiencias que tuvieron lugar por la noche y en asociación con el sueño).

Lo que una mente crítica podría reconocer como alucinación o sueño, una más crédula lo interpreta como una visión de una realidad externa elusiva pero profunda.

---000---

Es concebible que algunos relatos de abducciones por extraterrestres puedan disfrazar recuerdos de violación y abuso sexual en la infancia con el padre, padrastro, tío o novio de la madre representado como un extraterrestre. Seguramente es más reconfortante creer que fue un extraterrestre quien abusó de uno que pensar que fue alguien en quien uno confía y a quien ama. Los terapeutas que creen a pies juntillas las historias de abducciones por extraterrestres niegan este extremo, alegando que serían capaces de reconocer si sus pacientes fueron víctimas de abusos sexuales o no. Algunas encuestas de opinión estiman que una de cada cuatro mujeres estadounidenses y uno de cada seis hombres han sido víctimas de abusos sexuales en la infancia (aunque probablemente las estimaciones sean demasiado altas). Sería asombroso que un número significativo de los pacientes que se presentan a los terapeutas de abducción por extraterrestres *no* hubieran sido víctimas de abuso, quizá incluso en proporción mayor que la población general.

Tanto los terapeutas de abuso sexual como los dedicados a la abducción por extraterrestres emplean meses, a veces años, en animar a sus pacientes a recordar los abusos cometidos contra ellos. Sus métodos son similares y sus objetivos en cierto sentido los mismos: recuperar recuerdos dolorosos, a menudo de hace tiempo. En ambos casos, el terapeuta cree que el paciente está traumatizado por un acontecimiento tan terrible que lo reprime. Me parece asombroso que los terapeutas de abducciones por extraterrestres encuentren tan pocos casos de abuso sexual, y viceversa.

Por razones comprensibles, los que se han visto sometidos a abusos sexuales o incesto en la infancia son muy sensibles a cualquier cosa que parezca minimizar o negar su experiencia. Están enfadados, y tienen derecho a estarlo. En Estados Unidos, al menos una de cada diez mujeres ha sido violada, casi dos tercios de ellas antes de los dieciocho años. Un informe reciente expone que una sexta parte de todas las víctimas de violación

declaradas a la policía están por debajo de los doce años. (Y éste es el tipo de violación que se suele declarar menos.) Una quinta parte de esas niñas fueron violadas por sus padres. Han sido víctimas de una traición. Quiero dejar esto muy claro: hay muchos casos reales de depredación sexual macabra de los padres o de los que actúan en su lugar. En algunos casos ha salido a la luz una prueba física irresistible: fotos, por ejemplo, o diarios, o gonorrea o infecciones en el niño. Se ha sugerido que el abuso infantil es una probable causa importante de problemas sociales. Según una encuesta, el ochenta y cinco por ciento de todos los internos violentos de la cárcel fueron víctimas de abusos en la infancia. Dos tercios de las madres adolescentes fueron violadas o víctimas de abusos sexuales de niñas o adolescentes. Las víctimas de violaciones tienen diez veces más probabilidades que las demás mujeres de usar en exceso el alcohol y otras drogas. El problema es real y urgente. Sin embargo, la mayoría de estos casos trágicos e incontestables de abuso sexual infantil se han tenido en la memoria continuamente hasta la edad adulta. No es un recuerdo oculto que deba restablecerse.

Aunque hoy en día hay mayor información que en el pasado, parece haber un aumento significativo anual de casos de abuso infantil. Los hospitales y autoridades declaran un aumento de diez veces en Estados Unidos (hasta 1,7 millones de casos) entre 1967 y 1985. El alcohol y otras drogas, además de las tensiones económicas, se señalan como la «razón» por la que los adultos tienen más tendencia a abusar de los niños hoy que en el pasado. Quizá el aumento de la publicidad de casos contemporáneos de abuso de niños alienta a personas adultas a recordar el abuso que sufrieron en una ocasión y a pensar en él.

Hace un siglo, Sigmund Freud introdujo el concepto de represión, la supresión de acontecimientos a fin de evitar el dolor físico, un mecanismo esencial para la salud mental. Parecía darse especialmente en pacientes diagnosticados con «histeria», entre cuyos síntomas se encontraban alucinaciones y parálisis. Al principio Freud creyó que detrás de cada caso de histeria había un caso reprimido de abuso sexual infantil. Con el tiempo alteró la explicación para decir que la histeria era causada por *fantasías* —no todas desagradables— de haber sido sometido a abusos sexuales en la infancia. El peso de la culpabilidad pasó de padre a hijo. Hoy en día causa furor un debate parecido. (Todavía se discute la razón por la que Freud cambió de idea: las explicaciones van desde la cólera que provocó en sus colegas varones de Viena hasta el reconocimiento por su parte de que se tomaba en serio las historias de los histéricos.)

Los ejemplos de la emergencia repentina del «recuerdo» a la superficie, especialmente en la consulta de un psicoterapeuta o hipnotizador, y de la calidad fantasmagórica o de sueño de los primeros «recuerdos» son

altamente cuestionables. Hay muchas denuncias de abuso sexual que resultan ser inventadas. El psicólogo de la Universidad de Emory, Ülríc Neisser, dice:

Existe el abuso de los niños y lo que se llama recuerdos reprimidos. Pero también existen los falsos recuerdos y fabulaciones, y no son nada raros. Los recuerdos erróneos son la norma, no la excepción. Ocurren todo el tiempo. Ocurren incluso cuando el sujeto está absolutamente seguro, incluso cuando un recuerdo es una bombilla de flash aparentemente inolvidable, una de esas fotografías mentales metafóricas. Ocurre de forma todavía más probable en casos en que la sugestión es una posibilidad viva, donde los recuerdos pueden ser modelados y remodelados para satisfacer las fuertes demandas interpersonales de una sesión de terapia. Y una vez el recuerdo ha sido reconfigurado de este modo es muy difícil, mucho, cambiarlo.

Esos principios generales no nos pueden ayudar a decidir con certeza dónde radica la verdad en cada caso individual. Pero, en general, está bastante claro dónde deberíamos colocar nuestras apuestas ante un gran número de declaraciones así. El recuerdo erróneo y la reconstitución retrospectiva del pasado son parte de la naturaleza humana; se hallan en la misma esfera y ocurren constantemente.

Los supervivientes de los campos de la muerte nazis proporcionan la demostración más clara que puede imaginarse de que hasta el abuso más monstruoso se puede llevar continuamente en la memoria humana. Ciertamente, el problema para muchos supervivientes del Holocausto ha sido conseguir una distancia emocional entre ellos y los campos de la muerte, olvidar. Pero si en algún mundo alternativo de maldad inexpresable se vieran obligados a *vivir* en la Alemania nazi —por ejemplo una próspera nación posthitleriana con su ideología intacta, excepto en el antisemitismo— imaginemos cuál sería entonces la carga psicológica de los supervivientes del Holocausto. Quizá entonces serían capaces de olvidar porque el recuerdo les haría la vida insoportable. Si existe algo así como la represión y recuperación posterior de recuerdos desagradables, quizá requiera dos condiciones: 1) que el abuso haya ocurrido realmente, y 2) que se exija a la víctima simular durante largos períodos de tiempo que nunca ocurrió.

El psicólogo social de la Universidad de California Richard Ofshe explica:

Cuando se pide a los pacientes que cuenten cómo recuperaron los recuerdos, declaran que han reunido fragmentos de imágenes, ideas, sentimientos y sensaciones para dar coherencia a la historia. Como lo que se llama trabajo de la memoria dura algunos meses, los sentimientos se convierten en imágenes vagas, las imágenes se convierten en figuras y las figuras en personas conocidas. Una vaga incomodidad en ciertas partes del cuerpo se reinterpreta como una violación en la infancia... Las sensaciones físicas originales,

aumentadas a veces por la hipnosis, se etiquetan entonces como «recuerdos del cuerpo». No hay mecanismo concebible por el que los músculos del cuerpo puedan almacenar recuerdos. Si esos métodos no consiguen persuadir, el terapeuta puede recurrir a prácticas aún más duras. Algunos pacientes se inscriben en grupos de supervivencia en los que deben soportar la presión de los compañeros y se les pide que demuestren una solidaridad políticamente correcta colocándose a sí mismos como miembros de una subcultura superviviente.

Una cauta declaración de 1993 de la Asociación Psiquiátrica Americana acepta la posibilidad de que algunos de nosotros olvidemos el abuso infantil como medio de seguir adelante, pero advierte:

No se sabe cómo distinguir, con total precisión, los recuerdos que se basan en acontecimientos verdaderos de los que derivan de otras fuentes... La interrogación repetida puede llevar a los individuos a declarar «recuerdos» de acontecimientos que nunca ocurrieron. No se sabe qué proporción de adultos que declaran recordar un abuso sexual fueron realmente víctimas de él... Si el psiquiatra tiene una creencia previa fuerte de que el abuso sexual, u otros factores, son o no la causa de los problemas del paciente es muy probable que interfiera en la valoración y tratamiento apropiado.

Por un lado, ignorar insensiblemente acusaciones horripilantes de abuso sexual puede ser una injusticia despiadada. Por otro lado, manipular los recuerdos de la gente, infundir falsas historias de abuso infantil, destrozando familias intachables e incluso enviar a la cárcel a unos padres inocentes, es una injusticia despiadada. El escepticismo es esencial en ambos casos. Puede ser muy complicado elegir el camino entre esos dos extremos.

Las primeras ediciones del influyente libro de Ellen Bass y Laura Davis (*The Courage to Heal: A Guide for Women Survivors of Child Sexual Abuse*, Perennial Library, 1988) advierten de manera iluminadora a los terapeutas:

*Creer al superviviente.* Debe creerse que la paciente fue víctima de abuso sexual aunque lo dude ella misma... Ella necesita que usted crea con firmeza que fue víctima de abuso. Participar en la duda de un paciente sería como transmitir al paciente suicida que el suicidio es la mejor solución. Si un paciente no sabe seguro si sufrió un abuso pero cree que podría haber sido así, trabaje como si fuera así. Hasta ahora, entre los cientos de mujeres con quienes hemos hablado y los cientos más que hemos oído, ninguna de las que ha sospechado que podía haber sido víctima de abuso decidió que no era así después de investigar.

Pero Kenneth V. Lanning, agente especial supervisor de la Unidad de Instrucción e Investigación Científica de Comportamiento de la Academia del



FBI en Quantico, Virginia, un destacado experto en la victimización sexual de los niños, se pregunta:

«¿Estamos compensando ahora los siglos de negación aceptando ciegamente toda declaración de abuso infantil, por muy absurda e improbable que sea?»  
«Si es así, me da igual —responde un terapeuta de California entrevistado por *The Washington Post*—. Lo que ocurrió realmente me parece irrelevante... Todos vivimos en el engaño.»

Creo que la existencia de *cualquier* acusación falsa de abuso sexual infantil —especialmente las creadas bajo la tutela de una figura de autoridad— es relevante en lo referente al tema de la abducción por extraterrestres. Si hay personas que con gran pasión y convicción pueden ser llevadas a recordar que han sido víctima de abuso por parte de sus padres sin ser verdad, ¿no podrían otros, con una pasión y convicción comparables, ser llevados a recordar que han sido víctima de abusos de extraterrestres sin ser verdad?

Cuanto más examino las declaraciones de abducción por extraterrestres, más similares me parecen a los informes de «recuerdos recuperados» de abuso sexual en la infancia. Y hay una tercera clase de declaraciones que también están relacionadas: los «recuerdos» reprimidos de cultos rituales satánicos, en los que la tortura sexual, la coprofilia, el infanticidio y el canibalismo parecen ser la norma. En una encuesta de dos mil setecientos miembros de la Asociación Americana de Psicólogos, el doce por ciento contestó que habían tratado casos de abuso ritual satánico (mientras el treinta por ciento declaró casos de abusos realizados en nombre de la religión). En Estados Unidos se han declarado unos diez mil casos anuales en los últimos años. Un número significativo de los que plantean el riesgo del satanismo creciente en América, incluyendo las fuerzas del orden que organizan seminarios sobre el tema, resultan ser fundamentalistas cristianos; sus sectas necesitan explícitamente la intromisión de un mal literal en la vida humana cotidiana. La relación queda trazada limpiamente en el dicho: «Ni Satanás, ni Dios.»

Parece haber un claro problema de credibilidad policial en este tema. A continuación, citaré unos extractos del análisis del experto del FBI Lanning sobre «delitos satánicos, ocultos y rituales», basado en su amarga experiencia, y publicado en el número de octubre de 1989 de la revista profesional *The Pólice Chief*:

Prácticamente toda discusión sobre satanismo y brujería se interpreta a la luz de las creencias religiosas de los que se hallan entre el público. La fe, no la lógica ni la razón, gobierna las creencias religiosas de la mayoría de la gente.

Como resultado, los agentes de la ley con un escepticismo normal aceptan la información diseminada en esas conferencias sin evaluar críticamente o cuestionar las fuentes... Para algunos, el satanismo es cualquier sistema de creencia religioso distinto del suyo propio.

Lanning ofrece a continuación una larga lista de sistemas de creencia que ha oído describir personalmente como satanismo en esas conferencias. Incluye el catolicismo romano, la Iglesia ortodoxa, el islam, el budismo, el hinduismo, el mormonismo, la música rock and roll, la canalización, la astrología y las creencias de la «Nueva Era» en general. ¿No es una clara indicación de cómo empiezan las cazas de brujas y los pogroms?

«Dentro del sistema de creencia religioso personal de un agente del orden», sigue,

el cristianismo puede ser bueno y el satanismo malo. Según la Constitución, sin embargo, ambos son neutrales. Este concepto es importante, aunque difícil de aceptar para muchos agentes de la ley. Se les paga para defender el Código penal, no los diez mandamientos... El hecho es que se han cometido muchos más delitos y abusos de niños por fanáticos en nombre de Dios, Jesús y Mahoma que en nombre de Satanás. A muchos no les gusta esta afirmación, pero pocos pueden discutirla.

Muchos de los que alegan esos abusos satánicos describen grotescos rituales orgiásticos en los que se matan y comen bebés. A lo largo de toda la historia europea, ciertos grupos han sido injuriados por sus detractores por medio de este tipo de declaraciones (entre ellos, los conspiradores catilinos en Roma, el «libelo de sangre» de Pascua contra los judíos y los caballeros templarios cuando se les desmantelaba en la Francia del siglo XIV). Irónicamente, se encontraban informes de infanticidio caníbal y orgías incestuosas entre los pormenores que utilizaron las autoridades romanas para perseguir a los primeros cristianos. Al fin y al cabo, se cita al propio Jesús diciendo (San Juan 6, 53): «Si no coméis la carne del Hijo del hombre, y no bebéis su sangre, no tenéis vida en vosotros.» Aunque el verso siguiente aclara que habla de comer su propia carne y beber su propia sangre, críticos poco favorables podían haber interpretado que el griego «hijo del hombre» quería decir «niño» o «infante». Tertuliano y otros padres de la primera Iglesia se defendían como podían de estas acusaciones grotescas.

Hoy en día, la falta de correspondencia entre el número de bebés y niños pequeños perdidos en los archivos policiales se explica con el pretexto de que en todo el mundo se crían niños con este propósito... lo que recuerda sin duda la declaración de los abducidos en el sentido de que los experimentos extraterrestre-humano están muy extendidos. Se dice también, como en el paradigma de la abducción por extraterrestres, que el abuso del culto satánico pasa de generación en generación en algunas familias. Que yo

sepa, como en el primer caso, tampoco aquí se ha ofrecido nunca una prueba física en un tribunal de justicia que sustente estas declaraciones. Sin embargo, su poder emocional es evidente. La mera posibilidad de que ocurran cosas así incita a los mamíferos, es decir, a nosotros, a actuar. Cuando damos credibilidad al ritual satánico, también elevamos la condición social de los que nos advierten del supuesto peligro.

Consideremos estos cinco casos: 1) Myra Obasi, una maestra de escuela de Luisiana, estaba poseída por demonios, según creían ella y sus hermanas tras consultarlo con un curandero vudú. Las pesadillas de su sobrino eran parte de la prueba. Partieron pues hacia Dallas, abandonaron a sus cinco hijos y luego las hermanas le sacaron los ojos a la señora Obasi. En el juicio, ella defendió a sus hermanas. Ellas dijeron que habían intentado ayudarla. Pero la religión vudú no adora al diablo; es un cruce entre el catolicismo y la religión original haitiana. 2) Unos padres matan a su hija a palos porque no quiere abrazar su rama del cristianismo. 3) Un pederasta justifica sus actos leyendo la Biblia a sus víctimas. 4) A un chico de catorce años le arrancan el globo del ojo en una ceremonia de exorcismo. Su atacante no es un satanista, sino un ministro fundamentalista protestante con compromisos religiosos. 5) Una mujer piensa que su hijo de doce años de edad está poseído por el diablo. Después de una relación incestuosa con él, le decapita. Pero no hay contenido ritual satánico en la «posesión».

El segundo y tercer caso vienen de los archivos del FBI. Los dos últimos son de un estudio que realizaron la doctora Gail Goodman, psicóloga de la Universidad de Davis, California, y sus colegas, para el Centro Nacional de Abuso y Abandono Infantil. Examinaron unas doce mil denuncias de abuso sexual que implicaban cultos rituales satánicos y no pudieron encontrar ni uno solo que resistiera el escrutinio. Los terapeutas hablaban de abuso satánico basándose sólo, por ejemplo, en la «revelación del paciente mediante la hipnoterapia» o el «temor a los símbolos satánicos» de los niños. En algunos casos se hizo el diagnóstico en base a la conducta común a muchos niños. «Sólo en algunos casos se mencionaba una prueba física, normalmente "cicatrices"». Pero en la mayoría de los casos, las «cicatrices» no existían o eran muy leves. «Incluso cuando había cicatrices, no se determinaba si las habían causado las propias víctimas.» Eso también es muy similar a los casos de abducción por extraterrestres descritos más abajo. George K. Ganaway, profesor de psiquiatría de la Universidad de Emory, propone que «la causa probable más común de recuerdos relacionados con cultos puede resultar perfectamente un engaño mutuo entre el paciente y el terapeuta».

Uno de los casos más molestos de «recuerdo recuperado» de abuso ritual satánico fue relatado por Lawrence Wright en un interesante libro *Remembering Satán* (Knopf, 1994). Se trata de Paúl Ingram, un hombre al

que el hecho de ser demasiado crédulo, demasiado sugestionable, demasiado inexperto en escepticismo le pudo haber arruinado la vida. En 1988, Ingram era presidente del partido republicano en Olympia, Washington, el principal delegado civil en el departamento local de policía, bien considerado, muy religioso y encargado de advertir a los niños en reuniones escolares sobre el peligro de las drogas. De pronto llegó el momento de pesadilla en que una de sus hijas —después de una sesión de gran emotividad en un retiro religioso fundamentalista— hizo la primera de una serie de acusaciones, cada una de ellas más espantosa que la anterior, en el sentido de que Ingram había abusado sexualmente de ella, la había dejado embarazada, torturado, ofrecido a otros agentes de la policía, la había introducido en ritos satánicos, había desmembrado y comido bebés... Eso había ocurrido desde su infancia, decía ella, casi hasta el día en que empezó a «recordarlo» todo.

Ingram no era capaz de entender qué razón podía tener su hija para decir una mentira así... aunque por su parte no tenía ningún recuerdo de todo aquello. Pero tanto los investigadores policiales como un psicoterapeuta consultor y su ministro de la Iglesia del Agua Viviente le contaron que los infractores sexuales siempre reprimían los recuerdos de sus delitos. Ingram, con una sensación extraña pero al mismo tiempo ansioso por colaborar, intentó recordar. Después de que un psicólogo le aplicara una técnica de hipnosis con los ojos cerrados para inducir el trance, Ingram empezó a visualizar algo similar a lo que describía la policía. Lo que le venía a la cabeza no eran recuerdos reales, sino algo así como pedazos de imágenes en la niebla. Cada vez que producía una imagen —cuantas más veía, más odioso era el contenido— le animaban y fortalecían. Su pastor le aseguró que Dios se encargaría de permitir que sólo surgieran los recuerdos genuinos en sus sueños.

«Bueno, era casi como si lo inventara —dijo Ingram—, pero no es así.» Sugirió que quizá el responsable fuera un demonio. Bajo el mismo tipo de influencias, al circular rumores en la iglesia de los horrores que Ingram estaba confesando, sus otros hijos y su esposa también empezaron a «recordar». Se acusó a ciudadanos prominentes de participar en ritos orgiásticos. Las fuerzas del orden de toda América empezaron a prestar atención. Eso era sólo la punta del iceberg, decían algunos.

Cuando el ministerio fiscal convocó a Richard Ofshe de Berkeley, éste realizó un experimento de control. Fue un soplo de aire fresco. Con la simple sugerencia a Ingram de que había obligado a su hijo e hija a cometer incesto, y pidiéndole que usara la técnica de «recuperación de memoria» que había aprendido, obtuvo inmediatamente un «recuerdo» así. No hizo falta ninguna presión ni intimidación: bastó con la sugerencia y la técnica. Pero los supuestos participantes, que habían «recordado» tantas cosas, negaron que

eso hubiera ocurrido jamás. Enfrentado a esta evidencia, Ingram negó con vehemencia que inventara nada o que estuviera influido por otros. Su recuerdo de este incidente era tan claro y «real» como todos los demás.

Una de sus hijas describió las terribles marcas que tenía en el cuerpo por las torturas y abortos a que la habían obligado. Pero, cuando por fin se le hizo una revisión médica, no se encontraron las cicatrices correspondientes. El ministerio fiscal no juzgó a Ingram por las acusaciones de abuso satánico. Ingram contrató a un abogado que nunca había trabajado en un caso penal. Siguiendo el consejo del pastor, ni siquiera leyó el informe de Ofshe: le dijeron que sólo serviría para confundirle. Se declaró culpable de seis cargos de violación y finalmente fue enviado a la cárcel. Mientras esperaba la sentencia, encerrado, alejado de sus hijos, sus colegas de la policía y su pastor, reconsideró el caso. Pidió retirar su declaración de culpabilidad. Sus recuerdos habían sido coaccionados. No había distinguido los recuerdos reales de una especie de fantasía. Le denegaron la alegación. Ahora está cumpliendo una sentencia de veinte años. Si estuviéramos en el siglo XVI en lugar del XX, quizá toda la familia hubiera muerto en la hoguera... junto con una buena parte de los ciudadanos principales de Olympia, Washington.

La existencia de un informe altamente escéptico del FBI sobre el tema general del abuso satánico (Kenneth V. Lanning, «Investigator's Guide to Allegations of "Ritual" Child Abuse», enero de 1992) es ampliamente ignorada por los entusiastas. Igualmente, un estudio de 1994 del Departamento Británico de Salud sobre denuncias de abusos satánicos concluyó que, de ochenta y cuatro ejemplos alegados, ni uno solo soportaba el escrutinio. ¿Cuál es pues la causa de todo este furor? El estudio explica:

La campaña cristiana evangélica contra los nuevos movimientos religiosos ha ejercido una poderosa influencia alentando la identificación de abusos satánicos. Igualmente importantes, si no más, para la extensión de la idea del abuso satánico en Gran Bretaña son los «especialistas» americanos y británicos. Pueden tener poca o incluso ninguna cualificación como profesionales, pero atribuyen su pericia a su «experiencia en casos».

Los que están convencidos de que los cultos del diablo representan un serio peligro para nuestra sociedad tienden a ser impacientes con los escépticos. Consideremos este análisis del doctor Corydon Hammond, antiguo presidente de la Sociedad Americana de Hipnosis Clínica:

Les diré que esa gente [los escépticos] son, primero, ingenuos y con limitada experiencia clínica; segundo, tienen el tipo de ingenuidad que la gente tiene sobre el Holocausto, o son tan intelectuales y escépticos que lo dudan todo; o, tercero, ellos mismos son gente de culto. Y puedo asegurar que hay personas que se encuentran en esta posición... Hay personas que son médicos, profesionales de la salud mental, que están implicados en los cultos, que están

formando cultos transgeneracionales... Pienso que la investigación es realmente clara: tenemos tres estudios, en uno se encontró que el veinticinco por ciento y en otro el veinte por ciento de pacientes múltiples no internados [con trastornos múltiples de personalidad] parecen ser víctimas de abuso de culto, y en el tercero, realizado en una unidad especializada de pacientes internos, ascendía al cincuenta por ciento.

En algunas de sus declaraciones parece creer que la CIA ha realizado experimentos de control mental de carácter nazi y satánicos sobre decenas de miles de confiados ciudadanos americanos. El motivo global, piensa Hammond, es «crear una orden satánica que gobernará el mundo».

Hay especialistas en las tres clases de «recuerdos recuperados»: de abducción por extraterrestres, de culto satánico y para recuperar recuerdos reprimidos de abuso sexual en la infancia. Como es común en la práctica de la salud mental, los pacientes seleccionan o son enviados a un terapeuta cuya especialidad parece relacionada con la dolencia. En las tres clases, el terapeuta ayuda a desempolvar imágenes de acontecimientos que, según se cree, ocurrieron tiempo atrás (en algunos casos, unas décadas); en las tres, los terapeutas se ven profundamente conmovidos por la inequívoca y genuina agonía de sus pacientes; en las tres, sabemos que al menos algunos terapeutas hacen preguntas importantes que el paciente sugestionable recibe prácticamente como una orden de una figura de autoridad que le insta a recordar (he estado a punto de escribir «confesar»); en las tres, hay redes de terapeutas que intercambian historias de clientes y métodos terapéuticos; en las tres, los profesionales sienten la necesidad de defender su práctica ante colegas más escépticos; en las tres, se despacha la hipótesis yatrogénica; en las tres, la mayoría de los que informan sobre abusos son mujeres. Y en ninguna de las tres clases —con las excepciones mencionadas— hay prueba física alguna. Así pues, es difícil no preguntarse si las abducciones por extraterrestres podrían formar parte de un cuadro mayor.

¿Cuál podría ser este cuadro mayor? Planteé esta pregunta al doctor Fred H. Frankel, profesor de psiquiatría de la Escuela de Medicina de Harvard, jefe de psiquiatría del hospital Beth Israel de Bostón y destacado experto en hipnosis. Su respuesta fue:

Si las abducciones extraterrestres son parte de un cuadro mayor, ¿cuál es en realidad este cuadro? Me da miedo precipitarme y entrar en un terreno donde los ángeles no se aventuran; sin embargo, todos los factores que usted perfila alimentan lo que en el fin de siglo se describió como «histeria». Por desgracia, el término se llegó a usar con tal amplitud que nuestros contemporáneos, con sus conocimientos titubeantes... no sólo lo perdieron, sino que también perdieron de vista el fenómeno que representaba: altos niveles de sugestibilidad, capacidad imaginativa, sensibilidad a claves y expectativas

contextuales y el elemento del contagio... Hay un gran número de profesionales clínicos que no parecen apreciar bastante todo esto.

Frankel apunta que, del mismo modo que hacen retroceder a la gente para que recupere recuerdos supuestamente olvidados de «vidas anteriores», los terapeutas también pueden hacer que avancen bajo hipnosis para «recordar» su futuro. Así se obtiene la misma intensidad emocional que en la regresión o la hipnosis de abducidos de Mack. «Esas personas no tienen intención de engañar al terapeuta. Se engañan ellos mismos —dice Frankel—. No pueden distinguir sus fabulaciones de sus experiencias.»

Si no conseguimos vivir en paz, si nos abrumba el peso de la culpabilidad por no hacer algo más con nosotros mismos, ¿no recibiríamos encantados la opinión profesional de un terapeuta con un diploma en la pared de que no es culpa nuestra, que estamos en un apuro, que los responsables son los satanistas, los que cometen abusos sexuales o extraterrestres de otro planeta? ¿Y no nos resistiríamos a los escépticos enterados que nos dijeran que todo es imaginación nuestra o que nos lo han inculcado los mismos terapeutas que nos han hecho sentir más felices con nosotros mismos?

¿Qué preparación han recibido estos terapeutas en cuanto al método científico y el escrutinio escéptico, la estadística o incluso la falibilidad humana? El psicoanálisis no es una profesión muy autocrítica, pero al menos muchos de sus practicantes tienen el título de doctores en medicina. La mayoría de los programas de medicina incluyen una exposición significativa a los resultados y métodos científicos. Pero muchos de los que tratan casos de abuso sexual parecen tener un conocimiento sólo relativo de la ciencia. La probabilidad de que los proveedores de salud mental en América sean trabajadores sociales y no psiquiatras o psicólogos doctorados es de dos a una.

La mayoría de estos terapeutas arguyen que su responsabilidad es ofrecer apoyo a sus pacientes y no cuestionarlos, mostrarse escépticos o plantear dudas. Aceptan todo lo que se les presenta, por extraño que sea. A veces, la incitación de los terapeutas no es sutil en absoluto. Aquí tenemos un informe (del *FMS Newsletter* de la Fundación del Síndrome de Falsa Memoria, vol. 4, núm. 4, p. 3, 1995) que no tiene nada de atípico:

Mi antiguo terapeuta ha atestado que todavía cree que mi madre es satanista, [y] que mi padre me molestó... El delirante sistema de creencias y las técnicas de mi terapeuta a base de sugestión y persuasión me llevaron a creer que las mentiras eran recuerdos. Cuando yo dudaba de la realidad de mis recuerdos, él insistía en que eran verdad. No sólo insistía en que eran verdad, sino que me informaba de que, para recuperarme, además de aceptarlos como reales debía recordarlos todos

En un caso de 1991 en Allegheny County, Pennsylvania, una adolescente, alentada por un maestro y un trabajador social, acusó a su padre de haber abusado sexualmente de ella, lo que desembocó en su detención. Nicole también declaró que había dado a luz tres niños y su familia los había matado, que había sido violada en un restaurante lleno de gente y que su abuela volaba montada en una escoba. Nicole se retractó de sus acusaciones al año siguiente y se retiraron todos los cargos contra su padre. Nicole y sus padres formularon una denuncia contra el terapeuta y la clínica psiquiátrica a la que había sido enviada ella después de haber hecho las acusaciones. El jurado encontró que el doctor y la clínica habían actuado con negligencia y concedió casi un cuarto de millón de dólares a Nicole y sus padres. Cada vez hay más casos de este tipo.

¿Podría ser que la competencia para conseguir pacientes, y el interés financiero obvio de una terapia prolongada, disminuyera la inclinación de los terapeutas a ofender a sus pacientes manifestando cierto escepticismo ante sus historias? ¿Hasta qué punto son conscientes del dilema de un paciente ingenuo que entra en un despacho profesional y oye que su insomnio u obesidad se deben (en orden aumentativo de rareza) a un abuso paterno, un ritual satánico o una abducción por extraterrestres totalmente olvidados? Aunque hay limitaciones éticas y de otro tipo, se necesita algo parecido a un experimento de control: quizá enviar al mismo paciente a especialistas de los tres campos. ¿Alguno de ellos dice: «No, su problema no se debe a un abuso olvidado en la infancia» (o a un ritual satánico olvidado, o a una abducción por extraterrestres, lo que se tercié)? ¿Cuántos de ellos dicen: «Hay una explicación mucho más prosaica»? En lugar de ello, Mack llega a decir a uno de sus pacientes con admiración y para tranquilizarlo que ha emprendido un «viaje heroico». Un grupo de «abducidos» —cada uno de ellos con una experiencia distinta pero similar— escribe:

... varios de nosotros habíamos reunido por fin la suficiente valentía para presentar nuestras experiencias a consejeros profesionales y lo único que conseguimos es que evitaran nerviosos el tema, fruncieran el entrecejo en silencio o interpretaran la experiencia como un sueño o alucinación para «tranquilizarnos» con condescendencia y asegurarnos que esas cosas pasan, «pero no se preocupe, básicamente su salud mental es buena». ¡Perfecto! No estamos locos, pero si nos tomamos en serio nuestras experiencias, es muy probable que acabemos locos.

Con gran alivio, encontraron un terapeuta favorable que no sólo aceptó sus historias a pies juntillas sino que conocía cientos de historias sobre cuerpos



extraterrestres y el encubrimiento a alto nivel de los ovnis por parte del gobierno.

Un típico terapeuta de ovnis encuentra pacientes de tres maneras: le escriben cartas a la dirección que sale al final de sus libros; se los envían otros terapeutas (principalmente los que también se especializan en abducciones por extraterrestres); o se presentan a él después de dar una conferencia. Dudo que llegue algún paciente a su puerta totalmente ignorante de los relatos populares de abducciones y los métodos y creencias propios del terapeuta. Antes de intercambiar la primera palabra, saben ya mucho el uno del otro.

Otro destacado terapeuta da a sus pacientes sus propios artículos sobre abducciones por extraterrestres para ayudarlos a «recordar» sus experiencias. Se siente satisfecho cuando lo que finalmente recuerdan bajo hipnosis se parece a lo que él describe en sus estudios. La similitud de los casos es una de las principales razones para creer que las abducciones ocurren realmente.

Un importante estudioso de los ovnis comenta que «cuando el hipnotizador no tiene un conocimiento adecuado del tema [de abducción por extraterrestres] puede que no se llegue a revelar nunca la verdadera naturaleza de la abducción». ¿Podemos discernir en esta afirmación cómo podría ser guiado el paciente sin que el terapeuta fuera consciente de que le guía?

---000---

A veces, al «caer» dormidos, tenemos la sensación de tambalearnos desde una altura y que nuestras extremidades se agitan por su cuenta. Se llama reflejo de sobresalto. Quizá sea un remanente de cuando nuestros antepasados dormían en los árboles. ¿Por qué tenemos que imaginar que «rememoramos» mejor (maravillosa palabra) que cuando estamos en tierra firme? ¿Por qué suponer que, entre el vasto tesoro de recuerdos almacenados en nuestras cabezas, no hay nada que nos haya sido inculcado después de ocurrir... por la manera de expresar una pregunta cuando estamos en un marco mental sugestionable, por el placer de contar o escuchar una buena historia, por confusión con algo que leímos u oímos en una ocasión?

**CAPÍTULO 10**

**UN DRAGÓN**

**EN EL**

**GARAJE**

..la magia, recordarlo es importante, es un arte que exige la colaboración entre el artista y su público.

E. M. BUTLER, *El mito del mago*  
(1948)

«En mi garaje vive un dragón que escupe fuego por la boca.» Supongamos (sigo el método de terapia de grupo del psicólogo Richard Franklin) que yo le hago a usted una aseveración como ésa. A lo mejor le gustaría comprobarlo, verlo usted mismo. A lo largo de los siglos ha habido innumerables historias de dragones, pero ninguna prueba real. ¡Qué oportunidad!

—Enséñemelo —me dice usted.

Yo le llevo a mi garaje. Usted mira y ve una escalera, latas de pintura vacías y un triciclo viejo, pero el dragón no está.

—¿Dónde está el dragón? —me pregunta.

—Oh, está aquí —contesto yo moviendo la mano vagamente—. Me olvidé de decir que es un dragón invisible.

Me propone que cubra de harina el suelo del garaje para que queden marcadas las huellas del dragón.

—Buena idea —replico—, pero este dragón flota en el aire. Entonces propone usar un sensor infrarrojo para detectar el fuego invisible.

—Buena idea, pero el fuego invisible tampoco da calor. Se puede pintar con spray el dragón para hacerlo visible.

—Buena idea, sólo que es un dragón incorpóreo y la pintura no se le pegaría.

Y así sucesivamente. Yo contrarresto cualquier prueba física que usted me propone con una explicación especial de por qué no funcionará.

Ahora bien, ¿cuál es la diferencia entre un dragón invisible, incorpóreo y flotante que escupe un fuego que no quema y un dragón inexistente? Si no hay manera de refutar mi opinión, si no hay ningún experimento concebible válido contra ella, ¿qué significa decir que mi dragón existe? Su incapacidad de invalidar mi hipótesis no equivale en absoluto a demostrar que es cierta. Las afirmaciones que no pueden probarse, las aseveraciones inmunes a la refutación son verdaderamente inútiles, por mucho valor que puedan tener para inspirarnos o excitar nuestro sentido de

maravilla. Lo que yo le he pedido que haga es acabar aceptando, en ausencia de pruebas, lo que yo digo.

Lo único que ha aprendido usted de mi insistencia en que hay un dragón en mi garaje es que estoy mal de la cabeza. Se preguntará, si no puede aplicarse ninguna prueba física, qué fue lo que me convenció. La posibilidad de que fuera un sueño o alucinación entraría ciertamente en su pensamiento. Pero entonces ¿por qué hablo tan en serio? A lo mejor necesito ayuda. Como mínimo, puede ser que haya infravalorado la falibilidad humana.

Imaginemos que, a pesar de que ninguna de las pruebas ha tenido éxito, usted desea mostrarse escrupulosamente abierto. En consecuencia, no rechaza de inmediato la idea de que haya un dragón que escape fuego por la boca en mi garaje. Simplemente, la deja en suspenso. La prueba actual está francamente en contra pero, si surge algún nuevo dato, está dispuesto a examinarlo para ver si le convence. Seguramente es poco razonable por mi parte ofenderme porque no me cree; o criticarle por ser un pesado poco imaginativo... simplemente porque usted pronunció el veredicto escocés de «no demostrado».

Imaginemos que las cosas hubieran ido de otro modo. El dragón es invisible, de acuerdo, pero aparecen huellas en la harina cuando usted mira. Su detector de infrarrojos registra algo. La pintura del spray revela una cresta dentada en el aire delante de usted. Por muy escéptico que se pueda ser en cuanto a la existencia de dragones —por no hablar de seres invisibles— ahora debe reconocer que aquí hay algo y que, en principio, es coherente con la idea de un dragón invisible que escape fuego por la boca.

Ahora otro guión: imaginemos que no se trata sólo de mí. Imaginemos que varias personas que usted conoce, incluyendo algunas que está seguro de que no se conocen entre ellas, le dicen que tienen dragones en sus garajes... pero en todos los casos la prueba es enloquecedoramente elusiva. Todos admitimos que nos perturba ser presas de una convicción tan extraña y tan poco sustentada por una prueba física. Ninguno de nosotros es un lunático. Especulamos sobre lo que significaría que hubiera realmente dragones escondidos en los garajes de todo el mundo y que los humanos acabáramos de enterarnos. Yo preferiría que no fuera verdad, francamente. Pero quizá todos aquellos mitos europeos y chinos antiguos, sobre dragones no eran solamente mitos...

Es gratificante que ahora se informe de algunas huellas de las medidas del dragón en la harina. Pero nunca aparecen cuando hay un escéptico presente. Se plantea una explicación alternativa: tras un examen atento, parece claro que las huellas podían ser falsificadas. Otro entusiasta del dragón presenta una quemadura en el dedo y la atribuye a una extraña manifestación física del aliento de fuego del dragón. Pero

también aquí hay otras posibilidades. Es evidente que hay otras maneras de quemarse los dedos además de recibir el aliento de dragones invisibles. Estas «pruebas», por muy importantes que las consideren los defensores del dragón, son muy poco convincentes. Una vez más, el único enfoque sensato es rechazar provisionalmente la hipótesis del dragón y permanecer abierto a otros datos físicos futuros, y preguntarse cuál puede ser la causa de que tantas personas aparentemente sanas y sobrias compartan la misma extraña ilusión.

---000---

La magia requiere la cooperación tácita de la audiencia con el mago: una renuncia al escepticismo o lo que se describe a veces como la suspensión voluntaria de la incredulidad. De ello se deduce inmediatamente que, para penetrar en la magia, para descubrir el truco, debemos dejar de colaborar.

¿Cómo se puede progresar en este tema cargado de tantas emociones, controvertido y fastidioso? Los pacientes deberían ejercitar la precaución ante los terapeutas que deducen o confirman rápidamente abducciones por extraterrestres. Los que tratan a los abducidos podrían explicar a sus pacientes que las alucinaciones son normales y que el abuso sexual infantil es bastante común. Podrían tener en cuenta que ningún cliente está totalmente libre de la contaminación extraterrestre de la cultura popular. Podrían enseñar escepticismo a sus clientes. Podrían cargar de nuevo sus propias reservas de escepticismo, que van disminuyendo.

Las declaraciones de abducciones por extraterrestres molestan a muchas personas y en más de un aspecto. El tema es una ventana hacia las vidas internas de nuestros compañeros. Si mucha gente dice haber sido abducida y no es verdad, es como para preocuparse. Pero es mucho más preocupante que haya tantos terapeutas que aceptan esas declaraciones a pies juntillas, prestando una atención inadecuada a la sugestibilidad de sus pacientes y a las indicaciones inconscientes de sus interlocutores.

Me sorprende que haya algunos psiquiatras y otras personas con una mínima preparación científica, que conocen las imperfecciones de la mente humana, y que rechacen al mismo tiempo la idea de que esos relatos puedan ser algún tipo de alucinación o de falsa memoria. Todavía me sorprenden más las afirmaciones de que la historia de la abducción por extraterrestres es verdadera magia, que es un desafío a nuestra comprensión de la realidad o que constituye una base para una visión mística del mundo. O, tal como planteó el asunto John Mack: «Hay fenómenos lo bastante importantes para que se garantice una investigación seria, y la metafísica del paradigma científico occidental dominante puede ser inadecuada para sostener

plenamente esta investigación.» En una entrevista con la revista *Time*, sigue diciendo:

No sé por qué hay tanto celo por encontrar una explicación física convencional. No sé por qué la gente tiene tantos problemas para aceptar simplemente el hecho de que aquí ocurre algo inusual... Hemos perdido toda la capacidad de conocer un mundo más allá de lo físico.<sup>18</sup>

Pero sabemos que las alucinaciones surgen por privación sensorial, drogas, enfermedades y fiebres, falta de sueño REM, cambios en la química cerebral, y así sucesivamente. E incluso si, como Mack, tomásemos los casos a pies juntillas, sus aspectos notables (como deslizarse a través de las paredes y otras cosas) son más fácilmente atribuibles a algo dentro del reino de «lo físico» —tecnología extraterrestre avanzada— que a la brujería.

Tengo un amigo que dice que la única cuestión interesante en el paradigma de la abducción por extraterrestres es: «¿Quién estafa a quién?» ¿Es el cliente quien engaña al terapeuta, o al revés? No estoy de acuerdo. Para empezar, hay muchas cuestiones interesantes sobre las declaraciones de abducciones por extraterrestres. Además, esas dos alternativas no son mutuamente excluyentes.

Durante muchos años me rondaba algo en la memoria sobre los casos de abducción por extraterrestres. Por fin lo recordé. Era un libro de 1954 que había leído en la universidad: *La hora de cincuenta minutos*. El autor, un psicoanalista llamado Robert Lindner, había sido llamado por el Laboratorio Nacional de Los Álamos para tratar a un brillante y joven físico nuclear cuyos delirios estaban empezando a interferir con su investigación gubernamental secreta. Resultó que el físico (al que se puso el pseudónimo de Kirk Alien) tenía una vida paralela a la de crear armas nucleares: confesó que, en el futuro lejano, pilotó (o pilotará... los tiempos verbales chirrían un poco) una nave espacial interestelar. Le encantaban las estimulantes aventuras de bravucones en planetas de otras galaxias. Era «señor» de muchos mundos. A lo mejor allí le llamaban capitán Kirk. No sólo podía «recordar» esa otra vida; también podía entrar en ella cuando quería. Sólo con pensar de la manera correcta, deseándolo, podía transportarse a sí mismo a través de los años luz y de los siglos.

De una manera que yo no podía comprender, solo con desear que fuera así, había cruzado las inmensidades del espacio, había salido del tiempo y me había mezclado —llegó a ser así literalmente— con el ego distante y futuro... No me pidan que lo explique. No puedo, aunque sabe Dios que lo he intentado.

---

<sup>18</sup> Y luego, en una frase que nos recuerda lo cerca que está el paradigma de la abducción por extraterrestres de la religión mesiánica y milenarista, Mack concluye: «Yo soy un puente entre esos dos mundos.»

Lindner le encontró inteligente, sensible, agradable, educado y perfectamente capaz de enfrentarse a las vicisitudes humanas cotidianas. Pero, al reflexionar sobre lo excitante que era la vida entre las estrellas. Alien se había dado cuenta de que estaba un poco aburrido con su vida en la Tierra, aunque se dedicara a construir armas de destrucción masiva. Cuando los supervisores de su laboratorio le amonestaron por distracción y soñolencia, él se disculpó; les aseguró que intentaría pasar más tiempo en este planeta. Fue entonces cuando se pusieron en contacto con Lindner.

Alien había escrito doce mil páginas sobre sus experiencias en el futuro y docenas de tratados técnicos sobre geografía, política, arquitectura, astronomía, geología, formas de vida, genealogía y ecología de los planetas de otras estrellas. Unos cuantos títulos monográficos dan una idea del material: «El desarrollo cerebral único de los cristópedos de Srom Norba X», «Adoración del fuego y sacrificio en Srom Sodrat II», «La historia del Instituto Científico Intergaláctico» y «La aplicación de la teoría de campo unificada y la mecánica de propulsión estelar al viaje espacial». (Este último es el que me gustaría ver; al fin y al cabo, según decían. Alien era un físico de primera categoría.) Fascinado, Lindner estudió detenidamente el material.

Alien no dio muestras de ninguna timidez a la hora de presentar sus escritos a Lindner o comentarlos en detalle. Imbatible y formidable intelectualmente, parecía no ceder ni una pulgada a los servicios psiquiátricos. Cuando falló todo lo demás, el psiquiatra intentó algo diferente:

Intenté... evitar que pensara que yo entraba en liza para demostrarle que era un psicótico, que se trataba de una lucha a muerte sobre la cuestión de su salud mental. En lugar de eso, puesto que era obvio que tanto su temperamento como su educación eran científicos, me planteé capitalizar la cualidad que había demostrado durante toda su vida... la cualidad que le llevó a seguir una carrera científica: su curiosidad... Eso significaba... que al menos de momento yo «aceptaba» la validez de sus experimentos... En una oleada súbita de inspiración, se me ocurrió que, para alejar a Kirk de su locura, era necesario que yo entrara en su fantasía y, desde esta posición, liberarlo de la psicosis.

Lindner señaló algunas contradicciones aparentes en los documentos y pidió a Alien que las resolviera. Para ello, el físico tenía que volver a entrar en el futuro con el fin de encontrar las respuestas. Sin hacerse de rogar, Alien llegaba a la siguiente sesión con un documento aclarador escrito con su letra. Lindner se encontró esperando ansiosamente cada entrevista para sentirse cautivado una vez más por la visión de la abundante vida e inteligencia en la galaxia. Entre los dos fueron capaces de resolver muchos problemas de coherencia.

Entonces ocurrió algo extraño: «Los materiales de la psicosis de Kirk y el talón de Aquiles de mi personalidad se encontraron y encajaron como el



engranaje de un reloj.» El psicoanalista se convirtió en co-conspirador en el delirio de su paciente. Empezó a rechazar las explicaciones psicológicas de la historia de Alien. ¿Qué seguridad tenemos de que no pueda ser realmente verdad? Se encontró a sí mismo defendiendo la idea de que se podía entrar en otra vida, en la de un viajero del espacio en el futuro lejano, mediante un simple esfuerzo de voluntad.

A un ritmo sorprendentemente rápido... la fantasía iba ocupando áreas cada vez más grandes de mi pensamiento... Con la ayuda de Kirk, asombrado, yo participaba en aventuras cósmicas y compartía la emoción de aquella extravagancia envolvente que él había maquinado.

Pero, finalmente, ocurrió algo aún más extraño: preocupado por el bienestar de su terapeuta, y acumulando una reserva admirable de integridad y coraje, Kirk Alien confesó: lo había inventado todo. Todo venía de su infancia solitaria y su poco éxito en las relaciones con las mujeres. Había ensombrecido, y posteriormente olvidado, los límites entre la realidad y la imaginación. Incorporar detalles plausibles para ir tejiendo un rico tapiz sobre otros mundos era un desafío emocionante. Se disculpaba de haber llevado a Lindner por aquel camino de rosas.

—¿Por qué? —le preguntó el psiquiatra—. ¿Por qué simulaba? ¿Por qué insistía en decirme...?

—Porque sentía que debía hacerlo —contestó el físico—. Porque sentía que *era lo que usted quería*.

«Kirk y yo intercambiamos los papeles», explicó Lindner,

y, en uno de esos desenlaces que hacen de mi trabajo una dedicación impredecible, maravillosa y llena de compensaciones, la locura que compartíamos se desmoronó... Utilicé la racionalización del altruismo clínico para fines personales y de ese modo caí en la trampa que acecha a todos los terapeutas de la mente incautos... Hasta que Kirk Alien entró en mi vida, yo nunca había dudado de mi estabilidad. Siempre había pensado que las aberraciones mentales eran cosa de los otros... Me avergüenza esta superioridad. Pero ahora, cuando escucho desde mi sillón detrás del diván, soy consciente de algo nuevo. Sé que la línea que separa el sillón del diván es muy fina. Sé que, al fin y al cabo, lo que determina finalmente quién debe tumbarse en el diván y quién debe sentarse detrás no es más que una feliz combinación de accidentes.

No estoy seguro a partir de este relato que lo de Kirk Alien fuera realmente una alucinación. Quizá sólo sufría algún trastorno de personalidad que le hacía deleitarse inventando historias a expensas de otros. No sé hasta qué punto Lindner puede haber adornado o inventado parte del relato. Nada sugiere que, cuando escribía sobre «compartir» y «entrar» en la fantasía de Alien, el psiquiatra se imaginase viajando hacia el futuro lejano y

participando en la gran aventura interestelar. Tampoco John Mack y los demás terapeutas de abducción por extraterrestres sugieren que hayan sido abducidos; sólo sus pacientes.

¿Y si el físico no hubiera confesado? ¿Se habría convencido Lindner a sí mismo, más allá de toda duda razonable, de que realmente era posible deslizarse a una era más romántica? ¿Habría dicho que, a pesar de haber empezado como un escéptico, se había convencido por el peso de la prueba? ¿Podía haberse ofrecido como experto para asistir a los viajeros del espacio del futuro que están perdidos en el siglo XX? La existencia de un especialista psiquiátrico así ¿animaría a otros a tomarse en serio las fantasías o alucinaciones de este tipo? Tras unos casos similares, ¿habría podido rebatir Lindner todos los argumentos del tipo de «sé razonable, Bob» y deducir que estaba penetrando en un nuevo nivel de realidad?

Su preparación científica ayudó a Kirk Alien a salvarse de la locura. Hubo un momento en que terapeuta y paciente habían intercambiado sus papeles. A mí me gusta verlo como el paciente que salva al terapeuta. Quizá John Mack no tuvo tanta suerte.

----000---

---

Consideremos una aproximación muy diferente a la búsqueda de extraterrestres: la búsqueda por radio de vida inteligente. ¿En qué se diferencia de la fantasía y la pseudociencia? En Moscú, a principios de la década de los sesenta, los astrónomos soviéticos dieron una conferencia de prensa en la que anunciaron que la intensa emisión de radio de un misterioso objeto distante llamado CTA-102 variaba regularmente, como una onda sinusoidal, con un período de unos cien días. No se había encontrado antes ninguna fuente distante periódica. ¿Por qué convocaron una conferencia de prensa para anunciar un descubrimiento tan misterioso? Porque pensaron que habían detectado una civilización extraterrestre de poderes inmensos. Sin duda, vale la pena convocar una conferencia de prensa para eso. La noticia causó una breve sensación en los medios de comunicación y el grupo de rock de los Byrds incluso compuso y grabó una canción sobre ello. (*«CTA-102, we're over here receiving you. / Signals tells us that you're there. / We can hear them loud and clear...»*)<sup>19</sup>

¿Emisión de radio desde CTA-102? Sin duda. Pero ¿qué es CTA-102? Hoy sabemos que CTA-102 es un cuasar distante. En aquel momento, la palabra «cuasar» ni siquiera había sido acuñada. Todavía no sabemos muy bien qué son los quasars; y hay más de una explicación de ellos en la literatura científica. Sin embargo, ningún astrónomo hoy en día —incluyendo

---

<sup>19</sup> «CTA-102, aquí estamos, te recibimos. / Las señales nos dicen que estas ahí. / Las podemos oír altas y claras...»

los implicados en aquella conferencia de Moscú— opina seriamente que un quasar como el CTA-102 es una civilización extraterrestre a billones de años luz con acceso a inmensos niveles de energía. ¿Por qué no? Porque tenemos explicaciones alternativas de las propiedades de los cuasars que son coherentes con las leyes físicas conocidas y no invocan la vida extraterrestre. Los extraterrestres representan una hipótesis de último recurso. Se recurre a ella sólo cuando falla todo lo demás.

En 1967, científicos británicos encontraron una fuente de radio mucho más cercana que se encendía y apagaba con precisión asombrosa, con un período constante en diez o más figuras significativas. ¿Qué era? Su primera idea fue que era un mensaje para nosotros, o quizá un radiofaro de navegación interestelar y medida del tiempo para naves que hacen el trayecto entre las estrellas. Incluso le dieron, entre ellos, en la Universidad de Cambridge, la extraña designación de LGM-1 (iniciales de Little Green Men: hombrecillos verdes).

Sin embargo fueron más listos que sus colegas soviéticos. No convocaron una conferencia de prensa. Pronto quedó claro que lo que observaban era lo que ahora se llama un «pulsar», el primero, el pulsar de la Nebulosa Cangrejo. Así, ¿qué es un pulsar? Un pulsar es el estado final de una estrella masiva, un sol encogido hasta el tamaño de una ciudad, con su estructura mantenida de un modo distinto a las otras estrellas, no por presión de gas ni por degeneración de electrones sino por fuerzas nucleares. En cierto sentido es un núcleo atómico de más de diez kilómetros de extensión. Bien, sostengo que *eso* es una idea al menos tan extraña como la del radiofaro de navegación interestelar. La respuesta de lo que un pulsar es tenía que ser algo terriblemente raro. No es una civilización extraterrestre. Es algo más: pero un algo más que nos abre los ojos y la mente y nos indica posibilidades insospechadas en la naturaleza:

Anthony Hewish ganó el Premio Nobel de Física por el descubrimiento de los pulsares.

El experimento Ozma original (la primera búsqueda intencional por radio de inteligencia extraterrestre), el programa META (Megachannel Extraterrestrial Assay) de la Universidad de Harvard/Sociedad Planetaria, la investigación de la Universidad Estatal de Ohio, el proyecto SERENDIP de la Universidad de California, Berkeley, y muchos otros han detectado señales anómalas del espacio que hacen palpitar un poco el corazón del observador. Por un momento pensamos que hemos captado una señal genuina de origen inteligente más allá de nuestro sistema solar. En realidad no tenemos la menor idea de qué es, porque la señal no se repite. Unos minutos después, al día siguiente, o años después, uno gira el mismo telescopio hacia el mismo punto del cielo con la misma frecuencia, ancho de banda, polarización y todo

lo demás y no se oye nada. No se deducen, menos aún se anuncian, extraterrestres. Quizá haya habido una sobretensión electrónica estadísticamente inevitable, o una disfunción del sistema de detección, o una nave espacial (de la Tierra), o un avión militar volando y emitiendo por canales que se suponen reservados para la astronomía por radio. Quizá puede ser incluso un mecanismo para abrir la puerta del garaje al final de la calle o una estación de radio a unos cientos de kilómetros. Hay muchas posibilidades. Uno debe comprobar sistemáticamente todas las alternativas y ver cuáles puede eliminar. No puede declarar que ha encontrado extraterrestres cuando la única prueba es una señal enigmática no repetida.

Y, si la señal se repitió, ¿lo anunciaría entonces a la prensa y al público? No creo. Quizá alguien le está engañando. Quizá es algo que ocurre en su sistema de detección y usted no ha sido lo bastante listo para descubrir. Quizá sea una fuente astrofísica desconocida. Lo que haría es llamar a científicos y otros observadores de radio y les informaría de que en este punto particular del cielo, en esta frecuencia y ancho de banda y todo lo demás, parece haber algo curioso. ¿Les molestaría ver si pueden confirmarlo? Sólo si varios observadores independientes —todos plenamente conscientes de la complejidad de la naturaleza y la falibilidad de los observadores— consiguen el mismo tipo de información del mismo punto en el cielo, podrá usted considerar seriamente que ha detectado una señal genuina de seres extraterrestres.

Todo esto implica cierta disciplina. No se puede salir gritando «hombrecillos verdes» cada vez que detectamos algo que al principio no entendemos porque, si resulta ser otra cosa, vamos a parecer francamente tontos... como los astrónomos soviéticos con CTA-102. Es necesario tomar precauciones especiales cuando el precio es alto. No estamos obligados a dar nuestra opinión hasta que no haya alguna prueba. Es permisible no estar seguros.

Con frecuencia me preguntan: «¿Cree usted que hay inteligencia extraterrestre?» Yo doy los argumentos habituales: hay muchos lugares por ahí fuera, hay moléculas de vida en todas partes, utilizo las palabras *miles de millones*, y todo eso. Entonces digo que me sorprendería muchísimo que no hubiera inteligencia extraterrestre pero, desde luego, de momento no hay prueba convincente de ello.

A menudo, a continuación, me preguntan:

—Pero ¿qué piensa realmente? Yo digo:

—Le acabo de decir lo que pienso realmente.

—Sí, pero ¿cuál es su sensación visceral?

Pero yo intento no pensar con las vísceras. Si me planteo entender el mundo con seriedad, pensar con algo que no sea el cerebro, por tentador que

sea, me puede meter en problemas. Realmente, está bien reservarse el juicio hasta que se tiene la prueba.

---000---

Me haría muy feliz que los defensores de los platillos volantes y los que creen en abducciones por extraterrestres tuvieran razón y contáramos con pruebas reales de vida extraterrestre para poderlas examinar. Sin embargo nos piden que tengamos fe. Nos piden que los creamos basándonos en la fuerza de sus pruebas. Sin duda nuestra obligación es examinar la prueba ofrecida al menos con tanta atención y escepticismo como los astrónomos que buscan señales de radio extraterrestres.

Ninguna declaración anecdótica —por muy sincera y profundamente sentida que sea, por muy ejemplares que sean las vidas de los ciudadanos que la atestiguan— tiene gran peso en una cuestión tan importante. Como en los casos más antiguos de ovnis, los relatos anecdóticos están sujetos a error. Eso no es una crítica personal a los que dicen que han sido abducidos o a los que los interrogan. No equivale a menospreciar a los supuestos testigos.<sup>20</sup> No es —o no debería ser— un desprecio arrogante de un testimonio sincero y conmovedor. Es simplemente una respuesta renuente a la falibilidad humana.

Si se pueden atribuir los poderes que sea a los extraterrestres —por su avanzada tecnología—, entonces podemos explicar cualquier discrepancia, incoherencia o inverosimilitud. Por ejemplo, un académico ufólogo sugiere que tanto, los extraterrestres como los abducidos se vuelven invisibles durante la abducción (aunque no lo son entre ellos); ésa es la razón por la que no lo han notado más vecinos. Este tipo de «explicaciones» que lo pueden explicar todo, en realidad no explican nada.

Los casos de la policía americana se concentran en las pruebas y no en anécdotas. Como nos recuerdan los juicios de brujas europeos, se puede intimidar a los sospechosos durante el interrogatorio; la gente confiesa crímenes que nunca ha cometido; los testigos pueden equivocarse. Ese también es el eje de mucha ficción detectivesca. Pero las pruebas reales, no fabricadas —quemaduras de pólvora, huellas dactilares, muestras de ADN, pisadas, pelo bajo las uñas de la víctima que lucha—, tienen mucho peso. Los criminalistas emplean algo muy parecido al método científico, y por las mismas razones. Así, en el mundo de los ovnis y abducciones por extraterrestres, es razonable preguntarse: ¿dónde está la prueba, la prueba real, inequívoca, los datos que convencerían a un jurado que todavía no ha decidido su opinión?

---

<sup>20</sup> No se les puede llamar simplemente testigos porque a menudo el tema en cuestión es si han sido testigos de algo (o, al menos, de algo en el mundo exterior)

Algunos entusiastas arguyen que hay «miles» de casos de tierra «removida» donde se supone que aterrizaron ovnis, y ¿por qué motivo no se considera suficiente? No es suficiente porque hay maneras de remover la tierra sin necesidad de extraterrestres ni ovnis: una posibilidad que aparece fácilmente en la mente es la de humanos con palas. Un ufólogo me acusa de ignorar «4400 casos de rastros físicos en 65 países». Pero, que yo sepa, ninguno de esos casos ha sido analizado, con los resultados publicados en una revista y los artículos revisados por colegas de física o química, metalurgia o ciencia del suelo que demuestren que los «rastros» no podían ser generados por personas. Es una patraña bastante modesta... si se compara, por ejemplo, con los círculos de los cultivos de Wiltshire.

Además, las fotografías no sólo se pueden falsificar fácilmente, sino que es indudable que hay grandes cantidades de fotografías falsas de ovnis. Algunos entusiastas salen noche tras noche al campo en busca de luces brillantes en el cielo. Cuando ven una, encienden sus flashes. A veces, dicen, hay un relámpago de respuesta. Bueno, quizá. Pero los aviones de baja altitud hacen señales luminosas en el cielo y los pilotos, si lo desean, pueden devolver un destello con sus luces. Nada de eso constituye algo parecido a una prueba seria.

¿Dónde está la prueba física? Como en las declaraciones de abuso ritual satánico (y como eco de las «marcas del diablo» en los juicios de brujas), la prueba física más común apuntaba a cicatrices y «marcas de cuchara» en el cuerpo de los abducidos, que dicen no tener conocimiento de dónde proceden sus cicatrices. Pero este punto es clave: si generar cicatrices entra dentro de la capacidad humana, no pueden ser pruebas físicas convincentes de abuso por extraterrestres. Ciertamente, hay trastornos psiquiátricos bien conocidos en los que la gente se hace marcas, se corta, se araña y se mutila a sí misma (o a otros). Y algunos de nosotros con umbrales altos de dolor y poca memoria podemos herirnos accidentalmente sin que nos quede ningún recuerdo del acontecimiento.

Una paciente de John Mack declara que tiene cicatrices por todo el cuerpo que dejan totalmente perplejos a sus médicos. ¿Cómo son? Oh, no puede enseñarlas; como en la persecución de brujas, están en lugares íntimos. Mack lo considera una prueba irrefutable. ¿Ha visto él las cicatrices? ¿Podríamos contar con fotografías de las cicatrices tomadas por un médico escéptico? Mack dice que conoce a un tetrapléjico con marcas de cuchara y considera que eso es una *reductio ad absurdum* de la posición escéptica; ¿cómo puede hacerse las cicatrices un tetrapléjico? El argumento sólo es bueno si el tetrapléjico está herméticamente encerrado en una habitación a la que no tiene acceso ningún otro ser humano. ¿Podemos ver sus cicatrices? ¿Puede examinarlo un médico imparcial? Otra paciente de Mack dice que los

extraterrestres le han estado quitando óvulos desde que alcanzó la madurez sexual y que su sistema reproductivo tiene desconcertado a su ginecólogo. ¿Es tanto el desconcierto como para enviar un artículo de investigación a *The New England Journal of Medicine*?<sup>7</sup> Por lo visto no.

Luego tenemos el hecho de que uno de sus pacientes lo había inventado todo, como informó la revista *Time*, y Mack no tenía ni idea. Se tragó anzuelo, línea y plomada. ¿Cuáles son sus niveles de escrutinio clínico? Si pudo ser engañado por un paciente, ¿cómo sabemos que no le ocurrió lo mismo con todos?

Mack habla de estos casos, los «fenómenos», como si plantearan un desafío fundamental al pensamiento occidental, a la ciencia, a la propia lógica. Probablemente, dice, las entidades abductoras no son seres extraterrestres de nuestro propio universo, sino visitantes de «otra dimensión». Aquí hay un pasaje típico y revelador de su libro:

Quando los abducidos llaman «sueños» a sus experiencias, cosa que hacen a menudo, un escrutinio atento puede revelar que eso podría ser un eufemismo para encubrir lo que están seguros de que no puede ser, es decir, un acontecimiento del que no despertaron que ocurrió en otra dimensión.

Ahora bien, la idea de otras dimensiones no surgió del cerebro del ufólogo de la Nueva Era, sino que es parte integrante de la física del siglo XX. Desde la relatividad general de Einstein, una verdad de la cosmología es que el espacio-tiempo está doblado o curvado a través de una dimensión física más alta. La teoría de Kaluza-Klein postula un universo de once dimensiones. Mack presenta una idea totalmente científica como la clave de «fenómenos» que están más allá del alcance de la ciencia.

Sabemos cómo se vería un objeto de otra dimensión al encontrarse con nuestro universo tridimensional. Para mayor claridad, bajemos a una dimensión: una manzana que pasa a través de un plano debe cambiar la forma tal como la perciben los seres bidimensionales confinados al plano. Primero parece ser un punto, luego secciones de manzana mayores, luego menores, otra vez un punto... y finalmente, ¡puff!, desaparece. De modo similar, un objeto cuatridimensional o más —siempre que no sea una figura muy sencilla como un hipercilindro pasando a través de tres dimensiones a lo largo de su eje— alterará violentamente su geometría mientras lo veamos atravesar nuestro universo. Si los extraterrestres fueran definidos sistemáticamente como seres que cambian de forma, al menos podría entender que Mack pudiera seguir con la idea de un origen de otra dimensión. (Otro problema es intentar entender lo que significa un cruce genético entre un ser tridimensional y uno cuatridimensional. ¿Los descendientes serán de la dimensión tres y media?)

Lo que Mack quiere decir realmente cuando habla de seres de otras dimensiones es que —a pesar de las descripciones ocasionales de sus pacientes de las experiencias como sueños y alucinaciones— no tiene ni la más remota idea de qué son. Pero es significativo que, cuando intenta describirlas, busca la física y las matemáticas. Quiere las dos cosas: el lenguaje y la credibilidad de la ciencia, pero sin verse ligado por sus métodos y normas. Parece no darse cuenta de que la credibilidad es una consecuencia del método.

El principal desafío que plantean los casos de Mack es el ya viejo problema de cómo enseñar más amplia y profundamente el pensamiento crítico en una sociedad —que incluye a los profesores de psiquiatría de Harvard— impregnada de credulidad. La idea de que el pensamiento crítico es el último capricho de Occidente es una tontería. Si uno compra un coche usado en Singapur o Bangkok —o un carro usado en la antigua Susa o Roma— le servirán las mismas precauciones que en Cambridge, Massachusetts.

Cuando uno compra un coche usado desea creer de todo corazón lo que le dice el vendedor: «¡Tanto coche por tan poco dinero!» Y, en cualquier caso, cuesta trabajo ser escéptico; se ha de saber algo sobre coches y es desagradable que el vendedor se enfade con uno. A pesar de todo, sin embargo, uno reconoce que el vendedor podría tener un motivo para ocultar la verdad y ha oído hablar de engaños a otros en situaciones similares. Por tanto, da una patada a los neumáticos, mira bajo la capota, da una vuelta con él, hace preguntas perspicaces. Incluso podría ir acompañado de un amigo con conocimientos de mecánica. Uno sabe que se necesita cierto escepticismo. Y es comprensible. Suele haber al menos un pequeño grado de confrontación hostil en la compra de un coche usado y nadie dice que sea una experiencia especialmente alegre. Pero, si no se ejercita cierto escepticismo mínimo, si uno tiene una credulidad absolutamente ilimitada, más adelante tendrá que pagar el precio. Entonces se lamentará de no haber hecho antes una pequeña inversión de escepticismo.

Muchas casas de Norteamérica tienen ahora sistemas de alarma moderadamente sofisticados contra los ladrones, incluyendo sensores infrarrojos y cámaras que se disparan con el movimiento. Una cinta de vídeo auténtica, con la hora y la fecha indicados, que mostrase una incursión de extraterrestres —especialmente cuando atraviesan las paredes— podría ser una prueba muy buena. Si millones de americanos han sido abducidos, ¿no es raro que ni uno de ellos viva en una casa así?

Algunas mujeres, según cuenta la historia, son fecundadas con esperma de uno o varios extraterrestres; a continuación, éstos retiran el feto. Se habla de números ingentes de casos de este tipo. ¿No es raro que no se



haya visto nunca nada anómalo en las ecografías habituales de estos fetos, o en la amniocentesis, y que nunca haya habido un aborto que fuera un híbrido extraterrestre? ¿O es que los médicos son tan idiotas que echan una ojeada al feto, ven que es medio humano y medio extraterrestre y pasan al siguiente paciente? Una epidemia de fetos perdidos es algo que sin duda causaría revuelo entre ginecólogos, comadronas, enfermeras de obstetricia, especialmente en una época de intensa conciencia feminista. Pero no se ha producido ni una sola denuncia médica que dé credibilidad a esas informaciones.

Algunos ufólogos consideran un punto significativo, que mujeres que declaran inactividad sexual acaben embarazadas y atribuyan su estado a la fecundación extraterrestre. Un buen número de ellas parecen ser adolescentes. Creer sus historias a pies juntillas no es la única opción al alcance del investigador serio. Sin duda, es fácil entender por qué, en la angustia de un embarazo no deseado, una adolescente que vive en una sociedad inundada de relatos de visitas extraterrestres pueda inventar una historia así. También aquí hay posibles antecedentes religiosos.

Algunos secuestrados dicen que les hicieron pequeños implantes, quizá metálicos, en el cuerpo: por la nariz, por ejemplo. Esos implantes, según los terapeutas de extraterrestres, a veces se sueltan accidentalmente, pero «excepto en algunos casos, el artefacto se ha perdido o eliminado». Esos abducidos parecen tener una falta de curiosidad pasmosa. A uno le cae un objeto extraño —posiblemente un transmisor que envía datos telemétricos sobre el estado de su cuerpo a una nave espacial extraterrestre en algún lugar de la Tierra— de la nariz, lo examina vagamente y lo tira a la basura. Algo así, nos dicen, ocurre en la mayoría de los casos de abducción.

Los expertos han sacado y examinado algunos «implantes» de ese tipo. No se ha confirmado que ninguno de ellos fuera de manufactura extraterrestre. Ningún componente está hecho con isótopos inusuales, a pesar de saberse que otras estrellas y otros mundos están constituidos por proporciones isotópicas diferentes a las de la Tierra. No hay metales de la «isla de estabilidad» transuránica, donde los físicos creen que debería haber una nueva familia de elementos químicos no radiactivos desconocidos en la Tierra.

El caso que los entusiastas de las abducciones consideraban el mejor era el de Richard Price, que afirmaba que los extraterrestres le abdujeron cuando tenía ocho años y le implantaron un pequeño artefacto en el pene. Un cuarto de siglo después, un médico confirmó la existencia de un «cuerpo extraño» allí. Ocho años después, el objeto cayó. De apenas un milímetro de diámetro y cuatro de longitud, fue examinado con atención por científicos del MIT y el hospital General de Massachusetts. ¿Su conclusión? Colágeno

formado por el cuerpo en puntos de inflamación más fibras de algodón de los calzoncillos de Price.

El 28 de agosto de 1995, las estaciones de televisión propiedad de Rupert Murdoch emitieron lo que según decían era la autopsia de un extraterrestre muerto tomada en película de 16 milímetros. Patólogos enmascarados con modelos anticuados de trajes de protección contra la radiación (con ventanas de vidrio rectangulares para mirar fuera) abrieron a una figura de ojos grandes y doce dedos y le examinaron los órganos internos. Aunque la película estaba desenfocada en muchos momentos y la visión del cadáver bloqueada a menudo por los humanos que lo rodeaban, algunos espectadores consideraron que el efecto era escalofriante. El *Times* de Londres, también propiedad de Murdoch, no sabía cómo enfocararlo, aunque citaba a un patólogo que creía que la autopsia había sido realizada con una celeridad impropia y poco realista (aunque ideal para verla por televisión). Se dijo que había sido rodada en México en 1947 por un participante, que tenía a la sazón más de ochenta años y deseaba guardar el anonimato. Lo que pareció ser el argumento decisivo fue el anuncio de que la cabecera de la película (los primeros metros) contenía información codificada que Kodak, el fabricante, fechaba en 1947. Sin embargo, resulta que no se presentó a Kodak toda la película, sino sólo la cabecera cortada. Es evidente que se podía haber cortado de un noticiario de 1947, de los que hay un abundante archivo en América, y que la «autopsia» podría haber sido escenificada y filmada por separado y recientemente. Hay una huella de dragón, de acuerdo, pero falsificable. Si es una broma, no requiere mucha más inteligencia que los círculos del cultivo y el documento MJ-12.

En ninguna de estas historias hay nada que sugiera con fuerza un origen extraterrestre. Ciertamente no hay ninguna recuperación de maquinarias ingeniosas que superen en mucho la tecnología actual. Ningún abducido ha hurtado una página del cuaderno de bitácora o un instrumento de examen ni ha tomado una fotografía auténtica del interior de la nave o ha vuelto con información científica detallada y verificable de la que no se disponía hasta ahora en la Tierra. ¿Por qué no? Esas carencias deben decirnos algo.

Desde mediados del siglo XX, los que proponen la hipótesis extraterrestre nos han asegurado que tenían pruebas físicas —ni mapas de estrellas recordados de hace años ni cicatrices ni tierra removida, sino tecnología extraterrestre real— a mano. Se iba a publicar el análisis de un momento a otro. Esas declaraciones se remontan a la época de la antigua patraña del platillo accidentado de Newton y GeBauer. Han pasado ya algunas décadas y seguimos esperando. ¿Dónde están los artículos publicados en la literatura científica, en las revistas de metalurgia y cerámica, en las

publicaciones del Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, en *Science o Nature*

Un descubrimiento así sería impactante. Si hubiera artefactos reales, los físicos y los químicos lucharían por el privilegio de descubrir que hay extraterrestres entre nosotros, que usan, por ejemplo, aleaciones desconocidas o materiales de una resistencia, ductilidad o conductividad extraordinarias. Las implicaciones prácticas de un descubrimiento así —además de la confirmación de una invasión extraterrestre— serían inmensas. Los científicos viven para hacer descubrimientos como éste. Su ausencia debe decirnos algo.

---000---

Mantener la mente abierta es una virtud... pero, como dijo una vez el ingeniero espacial James Oberg, no tan abierta como para permitir que a uno se le caiga el cerebro. Desde luego, debemos estar dispuestos a cambiar de idea cuando nuevas pruebas lo exijan. Pero la prueba tiene que ser convincente. No todas las declaraciones tienen el mismo mérito. El nivel de las pruebas en la mayoría de los casos de abducción por extraterrestres es aproximadamente el que se encuentra en los casos de la aparición de la Virgen María en la España medieval.

El pionero del psicoanálisis Carl Gustav Jung tenía muchas cosas que decir con sensatez en temas de este tipo. Argüía explícitamente que los ovnis eran una especie de proyección de la mente inconsciente. En un comentario sobre regresión y lo que hoy se llama «canalización», escribió:

Podemos perfectamente... tomarlo como un simple informe de hechos psicológicos o una serie continua de comunicaciones desde el subconsciente... Eso es algo que tienen en común con los sueños; porque los sueños también son declaraciones sobre el inconsciente... El estado actual de la cuestión nos da razón suficiente para esperar tranquilamente hasta que aparezcan fenómenos físicos más impresionantes. Si, después de dejar un margen para la falsificación consciente o inconsciente, el autoengaño, los prejuicios, etc., encontráramos todavía algo positivo tras ellos, las ciencias exactas conquistarían sin duda este campo mediante experimento y verificación, como ha ocurrido en todos los demás reinos de la experiencia humana.

Sobre los que aceptan un testimonio así a pies juntillas, decía:

Esas personas carecen no sólo de actitud crítica sino del conocimiento más elemental de psicología. En el fondo no quieren que se les enseñe nada, sólo quieren seguir creyendo... una presunción sin duda de lo más inocente en vista de nuestros defectos humanos.

Quizá algún día haya un caso de ovni o de abducción por extraterrestres que esté bien atestiguado, acompañado de pruebas físicas irrefutables y sólo explicable en términos de visita extraterrestre. Es difícil pensar en un descubrimiento más importante. Hasta ahora, de momento, no ha habido casos así, nada parecido. El dragón invisible, hasta ahora, no ha dejado huellas que no sean falsificables. ¿Qué es pues más probable: que estemos sometidos a una invasión masiva pero ignorada en general de extraterrestres que cometen abusos sexuales o que la gente experimente algún estado mental interno poco familiar que no entiende? Debe admitirse que somos muy ignorantes tanto en lo referente a los seres extraterrestres, si los hay, como en lo que toca a psicología humana. Pero si estas dos fueran realmente las únicas alternativas, ¿cuál elegiría usted?

Y si los relatos de abducción por extraterrestres tratan principalmente de fisiología del cerebro, alucinaciones, memorias distorsionadas de la infancia y bromas, ¿no tenemos ante nosotros un asunto de suprema importancia que afecta a nuestras limitaciones, la facilidad con que podemos ser desorientados y manipulados, la modelación de nuestras creencias e incluso quizá los orígenes de nuestras religiones? Hay un genuino filón científico en los ovnis y las abducciones por extraterrestres... pero creo que el carácter que los distingue es casero y terrestre.

**CAPÍTULO 11**

**LA CIUDAD DE LA  
AFLICCIÓN**

... ¡ay!, qué ajenas son, las calles de la ciudad  
de la aflicción.

RAINER MARÍA RILKE,

«La décima elegía» (1923)

En la revista *Parade* de 7 de marzo de 1993 se publicó un pequeño sumario del argumento de los siete capítulos precedentes. Me sorprendió la cantidad de cartas que generó, lo apasionado de las respuestas y la agonía que se asociaba con esa extraña experiencia... sea cual sea su verdadera explicación. Los relatos de abducción por extraterrestres proporcionan una ventana inesperada para ver las vidas de algunos compatriotas nuestros. Unos corresponsales razonaban, otros aseveraban, otros arengaban, otros estaban francamente perplejos, otros profundamente turbados.

El artículo también se interpretó bastante mal. Un invitado a un programa de televisión, Geraldo Rivera, anunció esgrimiendo un ejemplar de *Parade* que yo creía que recibíamos visitas. Un crítico de vídeos del *Washington Post* me citó diciendo que había una abducción cada pocos segundos, ignorando el tono irónico y la frase siguiente («Es sorprendente que no lo hayan notado más vecinos»). Raymond Moody destacó en el *New Age Journal* y en la introducción de su libro *Encuentros* mi descripción (capítulo 6) de que en ocasiones me parecía oír las voces de mis padres muertos —lo que describí como «un recuerdo lúcido»— como prueba de que «sobrevivimos» a la muerte. El doctor Moody ha dedicado la vida a buscar pruebas de vida después de la muerte. Si mi testimonio es digno de ser citado, creo que está claro que no ha encontrado gran cosa. Muchos corresponsales llegaron a la conclusión de que, como yo había trabajado en la posibilidad de vida extraterrestre, debía de «creer» en los ovnis; o, a la inversa, que si me mostraba escéptico ante los ovnis, debía suscribir la creencia absurda de que los humanos son los únicos seres inteligentes del universo. Hay algo en este tema que no parece propiciar la claridad de pensamiento.

Aquí, sin más comentarios, hay una muestra representativa de mi correo sobre el tema:

- Me pregunto cómo pueden describir nuestros animales sus encuentros con nosotros. Ven un objeto grande flotante que hace un terrible estruendo sobre ellos. Empiezan a correr y sienten un dolor agudo en el costado. De pronto caen al suelo... Se acercan varias criaturas humanas cargadas con instrumentos de aspecto extraño. Te examinan los órganos sexuales y los

dientes. Te colocan una red debajo y luego te elevan por el aire con un extraño mecanismo. Después de todas las revisiones, te sujetan un objeto de metal extraño en la oreja. Entonces, tan repentinamente como habían aparecido, desaparecen. Al rato, se recupera el control muscular y la pobre criatura desorientada sale tambaleándose hacia el bosque, sin saber [si] lo que acaba de suceder es una pesadilla o una realidad.

- De pequeña me violaron. Durante la convalecencia dibujé muchos «seres espaciales» y sentí muchas veces que me vencían y me reducían, y la sensación de haber dejado mi cuerpo flotando por la habitación. Ningún relato de abducidos es una gran sorpresa para alguien que ha vivido algún tipo de abuso sexual en la infancia. Créame, preferiría culpar del abuso a un extraterrestre del espacio que tener que afrontar la verdad de lo que me pasó con adultos en los que en principio podía confiar. Me saca de mis casillas oír hablar a mis amigos de sus recuerdos como si hubieran sido abducidos por extraterrestres... ¡No dejo de decirles que eso es adoptar un papel esencial de víctimas en el que como adultos no tenemos poder cuando esos hombrecitos grises se nos acercan mientras dormimos! Eso no es real. El papel esencial de la víctima es el que se da entre un padre abusivo y la niña victimizada.

- No sé si esa gente son una especie de demonios o si verdaderamente no existen. Mi hija dice que le pusieron sensores en el cuerpo cuando era pequeña. No sé... Tenemos las puertas cerradas y con pestillo y realmente estoy asustada. No tengo dinero para enviarla a un buen médico y, por culpa de todo eso, no puede trabajar... Mi hija oye una voz en una cinta. Esos salen por la noche y se llevan niños para abusar sexualmente de ellos. Si no haces lo que dicen, alguien de tu familia sufrirá. ¿Quién podría hacer daño a niños pequeños estando en sus cabales? Saben todo lo que se dice en la casa... Alguien dijo hace mucho, mucho tiempo que alguien había echado una maldición a nuestra familia. Si es así, ¿cómo se elimina la maldición? Sé que todo eso parece extraño y raro, pero créame que asusta.

- ¿Cuántas hembras humanas que tuvieron la desgracia de ser violadas tuvieron la previsión de cogerle el carnet de identidad a su atacante, una fotografía del violador o cualquier otra cosa que pudiera ser usada como prueba para alegar una violación?

- Está claro que a partir de ahora voy a dormir con mi Polaroid al lado con la esperanza de poder aportar la prueba necesaria la próxima vez que me abduzcan... ¿Por qué son los abducidos los que deben demostrar lo que ocurre?

- Soy una prueba viviente de la afirmación de Carl Sagan sobre la posibilidad de que las abducciones por extraterrestres ocurran en la mente de personas que sufren parálisis de sueño. Creen ciertamente que es real.



- ¡En el 2001, naves espaciales de los treinta y tres planetas de la Confederación Interplanetaria aterrizarán en la Tierra cargadas con treinta y tres mil hermanos! ¡Son maestros y científicos extraterrestres que nos ayudarán a ampliar nuestra comprensión de la vida interplanetaria, ya que nuestro planeta Tierra se convertirá en el miembro número treinta y tres de la Confederación!

- Se trata de un terreno que plantea un desafío grotesco... estudié los ovnis durante más de veinte años. Al final acabé desencantado por el culto y los grupos marginales del culto.

- Soy una abuela de cuarenta y siete años que ha sido víctima de este fenómeno desde la más tierna infancia. No lo acepto —nunca lo he hecho— a pies juntillas. No declaro —nunca lo he hecho— entender qué es... aceptaría gustosamente un diagnóstico de esquizofrenia o cualquier otra patología comprensible a cambio de esta desconocida... Estoy totalmente de acuerdo en que la falta de una prueba física es de lo más frustrante, tanto para las víctimas como para los investigadores. Lamentablemente, la presentación de pruebas se ve dificultada en extremo por el modo en que son abducidas las víctimas. A menudo se me llevan con el camisón (que después me quitan) o ya desnuda. En estas condiciones es casi imposible esconder una cámara... Me he despertado con cuchilladas profundas, heridas cosidas, pieles levantadas, lesiones en los ojos, la nariz y las orejas sangrando, quemaduras y marcas de dedos que duran unos días después del hecho. Me he sometido a revisiones de médicos cualificados, pero ninguno ha podido dar una explicación satisfactoria. No se trata de una automutilación, no son estigmas... Le ruego que recuerde que la mayoría de los abducidos afirman no haber tenido interés en los ovnis anteriormente (yo soy una de ellos), que no tenían un historial de abusos en la infancia (yo tampoco), que no desean publicidad o notoriedad (yo tampoco) y, en realidad, han hecho un gran esfuerzo para evitar reconocer la implicación que fuera, presumiendo que están experimentando una depresión nerviosa u otro trastorno psicológico (como yo). De acuerdo, muchos de los que se proclaman abducidos (y contactados) buscan publicidad para ganar dinero o para satisfacer su necesidad de atención. Yo sería la última en negar que esa gente existe. Lo que niego es que TODOS los abducidos se imaginen o falsifiquen estos acontecimientos para colmar sus propias aspiraciones personales.

- Los ovnis no existen. Creo que eso exige una fuente de energía eterna, y eso no existe... He hablado con Jesús. El comentario de la revista *Parade* es muy destructivo y disfruta asustando a la sociedad, le ruego que piense con la mente más abierta porque nuestros seres inteligentes de espacios exteriores existen y son nuestros creadores... Yo también fui abducido. Para ser sincero, esos seres queridos me han hecho más bien que mal. Me han salvado la

vida... ¡El problema de los seres de la Tierra es que quieren pruebas, pruebas y más pruebas!

- En la Biblia se habla de cuerpos terrestres y celestiales. Eso no equivale a decir que Dios aprueba el abuso sexual o que estamos locos.

- Tengo una fuerte telepatía desde hace ya veintisiete años. No recibo, transmito... Vienen ondas de alguna parte del espacio exterior que rebotan en mi cabeza y me transmiten pensamientos, palabras e imágenes de la cabeza de cualquier persona al alcance... Me aparecen imágenes en la cabeza que *yo no puse ahí*, y se desvanecen con la misma rapidez. Los sueños dejan de ser sueños para parecerse más a producciones de Hollywood... Son criaturas listas y no cederán... Quizá esos enanitos sólo quieren comunicarse... Si finalmente toda esa presión me hace volver psicótico —o tengo otro infarto—, desaparecerá conmigo la última prueba segura de que existe vida en el espacio.

- Creo que he encontrado una explicación científica terrestre plausible para las numerosas denuncias de ovnis. [El escritor se pone aquí a comentar los rayos de bola.] Si le gusta lo que escribo, ¿me podría ayudar a publicarlo?

- Sagan se niega a tomar en serio lo que dicen las víctimas de cualquier cosa que la ciencia del siglo XX no pueda explicar.

- Ahora los lectores tendrán la libertad de tratar a los abducidos... como si no fueran víctimas de una simple ilusión. Los abducidos sufren el mismo tipo de trauma que una víctima de violación, y ver que las personas que tienen más cerca rechazan sus experiencias es una segunda victimización que los deja sin sistema de apoyo. Es difícil encajar un encuentro con extraterrestres; la víctima necesita apoyo, no racionalizaciones.

- Mi amigo Frankie quiere que al volver le traiga un cenicero o una caja de cerillas, pero creo que, probablemente, esos visitantes son demasiado inteligentes para fumar.

- Tengo la sensación de que el fenómeno de la abducción por extraterrestres es poco más que una secuencia de sueños recuperada indirectamente del almacén de la memoria. No hay más hombrecitos verdes ni platillos volantes que imágenes de las cosas que tenemos almacenadas en nuestro cerebro.

- Cuando los supuestos científicos conspiran para censurar e intimidar a los que se esfuerzan por ofrecer nuevas hipótesis perspicaces sobre teorías convencionales... deberían dejar de ser considerados científicos para ser los impostores inseguros que son realmente y que sólo se sirven a sí mismos a... Con el mismo criterio, ¿debemos seguir creyendo también que J. Edgar Hoover fue un buen director del FBI y no la herramienta homosexual del crimen organizado que era?

- Su conclusión de que una gran cantidad de personas de este país, quizá tantas como cinco millones, son víctimas de una alucinación masiva idéntica es estúpida.
- Gracias al Tribunal Supremo... América está abierta de par en par a las religiones paganas orientales, bajo los auspicios de Satanás y sus demonios, y ahora tenemos unos seres grises de un metro que secuestran a los terrícolas y realizan toda suerte de experimentos con ellos, y estas ideas son propagadas por personas con una educación superior a su inteligencia y que deberían saber más... Su pregunta [«¿Nos visitan?»] no es ningún problema para los que *conocemos* la palabra de Dios, somos cristianos renacidos y buscamos a nuestro Redentor en los cielos para que nos salve de este mundo de pecado, enfermedad, guerra, sida, crimen, aborto, homosexualidad, adoctrinamiento de la Orden Nueva-Era-Nuevo-Mundo, lavado de cerebro de los medios de comunicación, perversión y subversión en el gobierno, educación, negocios, finanzas, sociedad, religión, etc. Los que rechazan al Dios Creador de la Biblia están condenados a creer el tipo de cuentos de hadas que su artículo trata de propagar como cierto.
- Si no hay razón para tomar en serio el asunto de las visitas extraterrestres, ¿por qué es el tema más reservado del gobierno de Estados Unidos?
- Quizá alguna raza extraterrestre mucho más antigua, de un sistema estelar relativamente deficiente en metales, intenta prolongar su existencia apoderándose de un mundo mejor y más joven y mezclándose con sus habitantes.
- Si me gustaran las apuestas, apostaría que su buzón debe de rebosar de historias como la que acabo de relatar. Sospecho que lo psíquico [la psique] presenta esos demonios y ángeles, luces y círculos como parte de nuestro desarrollo. Son parte de nuestra naturaleza.
- La ciencia se ha convertido en la «magia que funciona». Los ufólogos son herejes que deberían ser excomulgados o quemados en la hoguera.
- [Varios lectores escribieron para decir que los extraterrestres eran demonios enviados por Satanás, que es capaz de nublar la mente. Una propone que el insidioso propósito satánico es que nos preocupemos por una invasión extraterrestre de modo que cuando Jesús y sus ángeles aparezcan sobre Jerusalén, en lugar de ponernos contentos nos asustemos.] Espero que no me despache [escribe ella] como otra chiflada religiosa. Soy bastante normal y conocida en mi pequeña comunidad.
- Usted, señor, está en posición de hacer dos cosas: saber algo de las abducciones y encubrirlo, o sentir que, como no ha sido abducido (a lo mejor no están interesados en usted), no ocurren.
- [Se celebró] un juicio por traición contra el presidente y el Congreso de Estados Unidos por un pacto realizado a principios de la década de los

cuarenta con los extraterrestres, que posteriormente se mostraron hostiles... El pacto acordaba proteger el secreto de los extraterrestres a cambio de parte de su tecnología [aeronaves invisibles para el radar y fibras ópticas, revela otro corresponsal].

- Algunos de esos seres son capaces de interceptar el cuerpo espiritual cuando viaja.
- Me comunico con un ser extraterrestre. Esta comunicación empezó a principios de 1992. ¿Qué más puedo decir?
- Los extraterrestres pueden estar uno o dos pasos por delante del pensamiento de los científicos y saben cómo pueden dejar tras ellos claves insuficientes que puedan satisfacer a los del tipo de Sagan, hasta que la sociedad esté mejor preparada mentalmente para enfrentarse a todo ello... Quizá usted comparta la opinión de que si lo que ocurre con respecto a ovnis y extraterrestres se creyera real, sería demasiado traumático pensar en ello. Sin embargo... se han manifestado desde hace unos 5000-15000 años o más, cuando estuvieron aquí durante largos períodos engendrando la mitología de dioses y diosas de todas las culturas. Y a fin de cuentas, en todo ese tiempo no han ocupado la Tierra; no nos han dominado ni echado de ella.
- El *Homo sapiens* se modeló genéticamente, creado inicialmente como sustituto de trabajadores y criados de los DIOS DEL CIELO (DINGIR/ELOHIM/ANUNNAKI).
- La explosión que vio la gente era carburante de hidrógeno de un crucero de las estrellas que tenía que aterrizar en el norte de California... La gente que iba en el crucero se parecía a Mr. Spock de la serie de televisión «Star Trek».
- Tanto si son del siglo XV como del XX, hay un hilo común en todos estos informes. Los individuos que han experimentado traumas sexuales tienen grandes dificultades para entenderlos y aceptarlos, Los términos que usan para describir las alucinaciones [resultantes] pueden ser incoherentes e incomprensibles.
- Encontramos que no somos tan inteligentes como creíamos, aunque todavía somos testarudos y nuestro mayor pecado es el orgullo. Y ni siquiera sabemos que nos están llevando a Harmagedón\*. La estrella señalaba una pequeña cabaña, atravesó el cielo guiando a los sabios hacia aquella cabaña, asustó a los pastores con las palabras «No temáis». Su proyector era la gloria de Dios de Ezequiel, la luz de Pablo que temporalmente le cegó... Era el barco en que unos pequeños hombrecitos se llevaron al viejo Rip, hombrecitos llamados duendes, hadas, elfos, esas «creaciones» de creadores que tienen deberes específicos... El Pueblo de Dios todavía no está preparado para darse a conocer a nosotros. Primero, Harmagedón, luego, cuando ya

---

\* ¿Armagedón?

SEPARAMOS, podremos ir solos. Cuando seamos humildes, cuando no les disparemos. Dios volverá.

- La respuesta a esos extraterrestres del espacio exterior es sencilla. Vienen del hombre. Del hombre que usa drogas con la gente. En instituciones mentales de todo el país hay gente que no tiene control sobre sus emociones y comportamiento. Para controlarlos, les dan una variedad de fármacos antipsicóticos... Si uno toma fármacos a menudo... empieza a tener lo que se llama «filtraciones»: aparecen imágenes como un flash en la mente de personas con aspecto extraño que se acercan a tu cara. Así empieza la búsqueda de la respuesta de qué le han hecho a uno los extraterrestres. Será uno de los miles de abducidos por ovnis. La gente le llamará loco. La razón de las extrañas criaturas es que la torazina distorsiona la visión del subconsciente... Se rieron del escritor, le ridiculizaron, amenazaron su vida [por presentar esas ideas].

- La hipnosis prepara la mente para la invasión de demonios, diablos y hombrecitos grises. Dios quiere que vayamos vestidos y con la mente sana... Todo lo que puedan hacer sus «hombrecitos grises», ¡Cristo puede hacerlo mejor!

- Espero no sentirme nunca tan superior como para no reconocer que la Creación no está limitada a mí misma sino que abarca al universo y todas sus entidades.

- En 1977, un ser celestial me habló de una lesión que tuve en 1968 en la cabeza.

- [Una carta de un hombre que tuvo veinticuatro encuentros distintos con] un vehículo flotante en forma de platillo silencioso [y que en consecuencia] experimentó un desarrollo progresivo y una ampliación de funciones mentales como la clarividencia, la telepatía y la estimulación [canalización] de la energía de vida universal con el objetivo de curar.

- A lo largo de los años he visto y hablado con «fantasmas», he recibido la visita de extraterrestres (aunque de momento no me han abducido), he visto cabezas tridimensionales flotando junto a mi cama, he oído llamar a mi puerta... Esas experiencias parecían reales como la vida misma. Nunca había pensado en estas experiencias como algo más de lo que son en realidad: un juego de mi pensamiento.<sup>21</sup>

- Una alucinación podría explicar el 99% de los casos, pero ¿puede explicar jamás el 100%?

- Los ovnis son... un asunto de profunda fantasía que no tiene NINGÚN TIPO DE BASE FACTUAL. Le ruego que no preste crédito a un engaño.

- El doctor Sagan formó parte del comité de las Fuerzas Aéreas que evaluó las investigaciones del gobierno sobre los ovnis y, a pesar de ello, quiere que

---

<sup>21</sup> De una carta recibida por *The Skeptical Inquirer*; cortesía de Kendrick Prazier.

creamos que no hay ninguna prueba sustancial de que existen los ovnis. Le ruego que explique por qué necesitaba el gobierno que fueran evaluadas.

- Voy a ejercer presión sobre el diputado que me representa para que intente cancelar los fondos de ese programa de escucha de señales extraterrestres del espacio porque es tirar el dinero. Ya están entre nosotros.

- El gobierno gasta millones de dólares de impuestos para investigar los ovnis. El proyecto SETI (búsqueda de inteligencia extraterrestre) sería una pérdida de dinero si realmente el gobierno creyera que los ovnis no existen. Personalmente me excita el proyecto SETI porque muestra que nos movemos en la dirección correcta; hacia la comunicación con extraterrestres, en lugar de ser unos observadores poco dispuestos.

- Los súcubos, que yo identificaba como una especie de violación astral, aparecieron del 78 al 92. Fue duro para un católico serio, moralista y practicante; fue desmoralizante, deshumanizador, y me tuvo muy preocupado por las consecuencias físicas de los efectos de la enfermedad.

- ¡Viene gente del espacio! Esperan llevarse a quien puedan, especialmente a los niños, que son los «retoños» de la próxima generación de la humanidad, junto con sus padres, abuelos y otros adultos cooperantes a un lugar seguro antes de la próxima conjunción *principal* planetaria máxima de manchas solares, que está ya en el horizonte. La Nave Espacial aparece todas las noches y se acerca para asistirnos cuando lleguen las Grandes Llamadas del Sol, antes de que empiece la turbulencia en la atmósfera. El cambio polar ocurrirá ahora que se acerca a su nueva posición para la Era de Acuario... [El autor también me informa de que están] trabajando con el Comando Ashtar, donde Jesucristo se reúne con los que van a bordo para dar instrucciones. Hay muchos dignatarios presentes, incluidos los arcángeles Miguel y Gabriel.

- Tengo amplia experiencia en trabajo de energía terapéutica, que implica eliminar pautas cuadrículadas, ataduras negativas de la memoria e implantes extraterrestres de cuerpos humanos y sus campos de energía circundantes. Mi trabajo se utiliza principalmente como ayuda adicional a la psicoterapia. Entre mis clientes tengo hombres de negocios, constructores, artistas profesionales, terapeutas y niños... La energía extraterrestre es muy fluida, tanto dentro del cuerpo como cuando se retira, y debe ser contenida lo antes posible. Las redes de energía suelen estar cerradas alrededor del corazón o en una formación triangular a través de los hombros.

- Después de una experiencia así, no creo que hubiera podido darme la vuelta para seguir durmiendo y ya está.

- Creo en los finales felices. Siempre he creído en ellos. Después de haber visto una figura tan alta que llegaba hasta el techo —con el pelo dorado y reluciente como un árbol de Navidad encendido, elevando al niño pequeño junto a nosotros—, ¿cómo puede uno no creer? Entendí el mensaje que

transmitía la figura —al niño pequeño— y era yo. Siempre habíamos hablado. ¿Cómo podría haber sido soportable la vida de otro modo... en un lugar como éste?... ¿Estados mentales poco familiares? Ha dado en el clavo.

- ¿Quién es *realmente* el responsable de este planeta?

**CAPÍTULO 12**

**EL SUTIL ARTE**

**DE DETECTAR**

**CAMELOS**



La comprensión humana no es simple luz sino que recibe infusión de la voluntad y los afectos; de donde proceden ciencias que pueden llamarse «ciencias a discreción». Porque el hombre cree con más disposición lo que preferiría que fuera cierto. En consecuencia rechaza cosas difíciles por impaciencia en la investigación; silencia cosas, porque reducen las esperanzas; lo más profundo de la naturaleza, por superstición; la luz de la experiencia, por arrogancia y orgullo; cosas no creídas comúnmente, por deferencia a la opinión del vulgo. Son pues innumerables los caminos, y a veces imperceptibles, en que los afectos colorean e infectan la comprensión.

FRANCIS BACON\*,

*Novum Organon*

(1620)

---

\* Bagon en el original

Mis padres murieron hace años. Yo estaba muy unido a ellos. Todavía los echo terriblemente de menos. Sé que siempre será así. Anhele creer que su esencia, sus personalidades, lo que tanto amé de ellos, existe —real y verdaderamente— en alguna otra parte. No pediría mucho, sólo cinco o diez minutos al año, por ejemplo, para hablarles de sus nietos, para ponerlos al día de las últimas novedades, para recordarles que los quiero. Hay una parte de mí —por muy infantil que suene— que se pregunta dónde estarán. «¿Os va todo bien?», me gustaría preguntarles. La última palabra que se me ocurrió decirle a mi padre en el momento de su muerte fue: «Cuídate.»

A veces sueño que hablo con mis padres y, de pronto, inmerso todavía, en el funcionamiento del sueño, se apodera de mí la abrumadora constatación de que en realidad no murieron, que todo ha sido una especie de error horrible. En fin, están aquí, sanos y salvos, mi padre contando chistes malos, mi madre aconsejándome con total seriedad que me ponga una bufanda porque hace mucho frío. Cuando me despierto emprendo un breve proceso de lamentación. Sencillamente, algo dentro de mí se afana por creer en la vida después de la muerte. Y no tiene el más mínimo interés en saber si hay alguna prueba contundente de que exista.

Así pues, no me río de la mujer que visita la tumba de su marido y habla con él de vez en cuando, quizá en el aniversario de su muerte. No es difícil de entender. Y, si tengo dificultades con el estado ontológico de la persona con quien habla, no importa. No se trata de eso. Se trata de que los humanos se comportan como humanos. Más de un tercio de los adultos de Estados Unidos cree que ha establecido contacto a algún nivel con los muertos. Los números parecen haber aumentado un quince por ciento entre 1977 y 1988. Un cuarto de los americanos creen en la reencarnación.

Pero eso no significa que esté dispuesto a aceptar las pretensiones de un «médium» que declara comunicarse con los espíritus de los seres queridos difuntos, cuando soy consciente de que en esta práctica abunda el fraude. Sé hasta qué punto deseo creer que mis padres sólo han abandonado la envoltura

de sus cuerpos, como los insectos o serpientes que mudan, y han ido a otro sitio. Entiendo que esos sentimientos pueden hacerme presa fácil de un timo poco elaborado; como también a personas normales poco familiarizadas con su inconsciente o aquellas que sufren un trastorno psiquiátrico disociativo. De mala gana recorro a mis reservas de escepticismo.

¿Cómo es, me pregunto, que los canalizadores nunca nos dan una información verificable que no se pueda alcanzar de otro modo? ¿Por qué Alejandro Magno nunca nos habla de la localización exacta de su tumba, Fermat de su último teorema, John Wiikes Booth de la conspiración para asesinar a Lincoln o Hermann Göring del incendio del Reichstag? ¿Por qué Sófocles, Demócrito y Aristarco no nos dictan sus libros perdidos? ¿Acaso no desean que las generaciones futuras tengan acceso a sus obras maestras?

Si se anunciara alguna prueba consistente de que hay vida después de la muerte, yo la examinaría ansioso; pero tendría que tratarse de datos científicos reales, no meramente anecdóticos. Como con «la Cara» de Marte y las abducciones por extraterrestres, repito que es mejor la verdad por dura que sea que una fantasía consoladora. Y, a la hora de la verdad, los hechos suelen ser más reconfortantes que la fantasía.

La premisa fundamental de la «canalización», el espiritualismo y otras formas de necromancia es que no morimos cuando morimos. No exactamente. Alguna parte del pensamiento, de los sentimientos y del recuerdo continúa. Este lo que sea —una alma o espíritu, ni materia ni energía, sino algo más— puede, se nos dice, volver a entrar en cuerpos de humanos y otros seres en el futuro, y así la muerte ya no es tan punzante. Lo que es más, si las opiniones del espiritualismo o canalización son ciertas, tenemos la oportunidad de establecer contacto con nuestros seres queridos fallecidos.

J. Z. Knight, del estado de Washington, afirma que está en contacto con alguien de 35000 años de edad llamado «Ramtha». Habla muy bien el inglés, a través de la lengua, los labios y las cuerdas vocales de Knight, produciendo lo que a mí me suena como un acento del Raj indio. Como la mayoría de la gente sabe hablar, y muchos —desde niños hasta actores profesionales— tienen un repertorio de voces a sus órdenes, la hipótesis más sencilla es que la señora Knight hace hablar a Ramtha por su cuenta y no tiene contacto con entidades incorpóreas de la era glacial del pleistoceno. Si hay alguna prueba de lo contrario, me encantaría oírlo. Sería bastante más impresionante que Ramtha pudiera hablar por sí mismo, sin la ayuda de la boca de la señora Knight. Si no, ¿cómo podríamos comprobar la afirmación? (La actriz Shirley McLaine atestigua que Ramtha era su hermano en la Atlántida, pero ésa es otra historia.)

Supongamos que pudiera someterse a Ramtha a un interrogatorio. ¿Podríamos verificar que es quien dice ser? ¿Cómo sabe que ha vivido 35 000 años, aunque sea aproximadamente? ¿Qué calendario emplea? ¿Quién mantiene el hilo de los siglos intermedios? ¿Treinta y cinco mil más o menos qué? ¿Cómo eran las cosas hace 35 000 años? O bien Ramtha tiene realmente 35 000 años, en cuyo caso descubrimos algo sobre aquella época, o bien es un farsante y meterá la pata (aunque en realidad será ella quien lo haga).

¿Dónde vivía Ramtha? (Sé que habla inglés con acento indio, pero ¿dónde hablaban así hace 35 000 años?) ¿Qué clima había? ¿Qué comía Ramtha? (Los arqueólogos tienen alguna idea de qué comía entonces la gente.) ¿Cuáles eran las lenguas indígenas y la estructura social? ¿Con quién vivía Ramtha: esposa, esposas, hijos, nietos? ¿Cuál era el ciclo de vida, la tasa de mortalidad infantil, la esperanza de vida? ¿Tenían un control de natalidad? ¿Qué ropa llevaban? ¿Cómo se fabricaban las telas? ¿Cuáles eran los depredadores más peligrosos? ¿Utensilios y estrategias de caza y pesca? ¿Armas? ¿Sexismo endémico? ¿Xenofobia y etnocentrismo? Y si Ramtha viniese de la «gran civilización» de la Atlántida, ¿dónde están los detalles lingüísticos, históricos, tecnológicos y demás? ¿Cómo escribían? Que nos lo diga. En cambio, sólo se nos ofrecen homilias banales.

Aquí hay, para tomar otro ejemplo, una serie de informaciones canalizadas no a través de una persona anciana muerta, sino de entidades no humanas desconocidas que hacen círculos en los cultivos, tal como la registró el periodista Jim Schnabel:

Nos produce ansiedad esta nación pecadora que esparce mentiras sobre nosotros. No venimos en máquinas, no aterrizamos en vuestra tierra en máquinas... Venimos como el viento. Somos la Fuerza de Vida. Fuerza de Vida que procede de la tierra... Venid... Estamos sólo a un sople de aire... a un sople de aire... no a un millón de kilómetros... una Fuerza de Vida que es mayor que las energías de tu cuerpo. Pero nos encontramos en un nivel de vida superior... No necesitamos nombre. Somos paralelos a vuestro mundo, junto a vuestro mundo... Los muros han caído. Dos hombres se levantarán del pasado... el gran oso... el mundo estará en paz.

La gente presta atención a esas fantasías pueriles sobre todo porque prometen algo parecido a la religión de otros tiempos, especialmente vida después de la muerte, incluso vida eterna.

Un panorama muy diferente de algo parecido a la vida eterna es el que propuso en una ocasión el versátil científico británico J. B. S. Haldane que, entre muchas otras cosas, fue uno de los fundadores de la genética de poblaciones. Haldane imaginaba un futuro lejano en el que las estrellas se habrían apagado y el espacio estaría lleno principalmente de gas frío y poco denso. Sin embargo, si esperamos lo suficiente, se producirán fluctuaciones

estadísticas en la densidad de este gas. Durante inmensos períodos de tiempo, las fluctuaciones serán suficientes para reconstituir un universo parecido al nuestro. Si el universo es infinitamente viejo, habrá un número infinito de reconstituciones así, señalaba Haldane.

Así pues, en un universo infinitamente viejo con un número infinito de apariciones de galaxias, estrellas, planetas y vida, debe reaparecer una Tierra idéntica en la que nos reuniremos con nuestros seres queridos. Podré volver a ver a mis padres y presentarles a los nietos que nunca conocieron. Y todo eso no ocurrirá una vez, sino un número infinito de veces.

De algún modo, sin embargo, eso no llega a ofrecer el consuelo de la religión. Si ninguno de nosotros va a tener ningún recuerdo de lo que ocurrió *esta vez*, del tiempo que estamos compartiendo el lector y yo, las satisfacciones de la resurrección corporal suenan huecas, al menos a mis oídos.

Pero en esta reflexión he infravalorado lo que significa la infinidad. En el cuadro de Haldane habrá universos, ciertamente un número infinito de ellos, en el que nuestros cerebros tendrán un recuerdo pleno de muchos combates previos. La satisfacción está a nuestro alcance, aunque templada por la idea de todos los otros universos que también entrarán en existencia (nuevamente, no una sino un número infinito de veces) con tragedias y horrores que superarán en mucho todo lo que hemos experimentado esta vez.

La Consolación de Haldane depende, sin embargo, del tipo de universo en que vivimos, y quizá de arcanos tales como si hay bastante materia para invertir la expansión del universo y el carácter de las fluctuaciones del vacío. Los que tienen un deseo profundo de vida después de la muerte pueden dedicarse, por lo que parece, a la cosmología, la gravedad cuántica, la física de las partículas elementales y la aritmética transfinita.

---0000---

Clemente de Alejandría, padre de la primera Iglesia, en su *Exhortación a los griegos* (escrita alrededor del año 190) despreciaba las creencias paganas con palabras que hoy podrían parecer un poco irónicas:

Lejos estamos ciertamente de permitir que hombres adultos escuchen este tipo de cuentos. Ni siquiera cuando nuestros propios hijos lloran lágrimas de sangre, como dice el refrán, tenemos el hábito de contarles historias fabulosas para calmarlos.

En nuestra época tenemos criterios menos severos. Hablamos a los niños de Papá Noel y el ratoncito Pérez por razones que creemos emocionalmente sólidas, pero los desengañamos de esos mitos antes de hacerse mayores. ¿Por

qué retractarnos? Porque su bienestar como adultos depende de que conozcan el mundo como realmente es. Nos preocupan, y con razón, los adultos que todavía creen en Papá Noel.

En las religiones doctrinales, «los hombres no osan reconocer, ni siquiera ante su propio corazón», escribía el filósofo David Hume,

las dudas que abrigan sobre esos temas. Convierten en mérito la fe implícita; y disimulan ante ellos mismos su infidelidad real a través de las más fuertes aseveraciones y la intolerancia más positiva.

Esta infidelidad tiene profundas consecuencias morales, como escribió el revolucionario americano Tom Paine en *La edad de la razón*:

La infidelidad no consiste en creer o no creer; consiste en profesar que se cree lo que no se cree. Es imposible calcular el perjuicio moral, si se me permite expresarlo así, que ha producido la mentira mental en la sociedad. Cuando el hombre ha corrompido y prostituido de tal modo la castidad de su mente como para someter su profesión de fe a algo que no cree, se ha puesto en condiciones de cometer cualquier otro crimen.

La formulación de T. H. Huxley\* era:

La base de la moralidad es... dejar de simular que se cree aquello de lo que no hay pruebas y de repetir propuestas ininteligibles sobre cosas que superan las posibilidades del conocimiento.

Clement, Hume, Paine y Huxley hablan de religión. Pero gran parte de lo que escribieron tiene aplicaciones más generales... por ejemplo, al omnipresente fastidio de los anuncios que dominan nuestra civilización comercial. Hay unos anuncios de aspirina en los que los actores que hacen de médicos revelan que el producto de la competencia sólo tiene tal cantidad del ingrediente analgésico más recomendado por los médicos... no dicen cuál es este misterioso ingrediente. Su producto, en cambio, tiene una cantidad espectacularmente mayor (de 1,2 a 2 veces más por tableta), por lo que hay que comprarlo. Pero ¿por qué no tomar dos pastillas de la competencia? O consideremos el analgésico que funciona mejor que el producto de «efecto regular» de la competencia. ¿Por qué no tomar entonces el producto competitivo de «efecto extra»? Y, desde luego, no nos hablan de las más de mil muertes anuales en Estados Unidos por el uso de la aspirina, o los posibles cinco mil casos anuales de insuficiencia renal por uso de acetaminofeno, del que la marca más vendida es Tylenol. (Aunque eso podría

---

\* ¿T. H. Huxley?

tratarse de un Caso de correlación sin causación.) O ¿qué importa que un cereal de desayuno tenga más vitaminas cuando podemos tomarnos una pastilla de vitaminas con el desayuno? Igualmente, ¿qué incidencia tiene que un antiácido contenga calcio si el calcio sirve para la nutrición pero es irrelevante para la gastritis? La cultura comercial está llena de informaciones erróneas y evasivas a expensas del consumidor. No se espera que preguntemos. No piense. Compre.

La recomendación (pagada) de productos, especialmente por parte de expertos reales o supuestos, constituye una avalancha constante de engaños. Delata su menosprecio por la inteligencia de sus clientes. Presenta una corrupción insidiosa de actitudes populares sobre la objetividad científica. Hay incluso anuncios en los que científicos reales, algunos de distinción considerable, aparecen como cómplices de las empresas. Ellos revelan que los científicos también son capaces de mentir por dinero. Como advirtió Tom Paine, acostumbrarse a las mentiras pone los cimientos de muchos otros males.

Tengo delante de mí mientras escribo el programa de una de las exposiciones de Vida Sana que se celebran anualmente en San Francisco. Como es de rigor, asisten decenas de miles de personas. Expertos altamente cuestionables venden productos altamente cuestionables. He aquí algunas presentaciones: «Cómo producen dolor y sufrimiento las proteínas bloqueadas en la sangre.» «Cristales, ¿son talismanes o piedras?» (Yo tengo mi propia opinión.) Sigue: «Del mismo modo que un cristal refleja ondas de sonido y de luz para radio y televisión —ésta es una interpretación burda e insípida de cómo funcionan la radio y la televisión—, también puede amplificar las vibraciones espirituales para los humanos armonizados.» O aquí hay otra: «Retorno de la diosa, ritual de presentación.» Otro: «Sincronización, la experiencia del reconocimiento.» Esta la da el «Hermano Carlos». O, en la página siguiente: «Tú, Saint-Germain y la curación mediante la llama violeta.» Así sigue sin parar, con profusión de anuncios sobre las «oportunidades» —que recorren la corta gama de discutible a falsa— que uno puede encontrar en esas muestras.

Enloquecidas víctimas del cáncer emprenden un peregrinaje hacia las Filipinas, donde «cirujanos psíquicos», después de haber manoseado trozos de hígado de pollo o corazón de cabra, dicen que han llegado a las entrañas del paciente para retirar el tejido enfermo, que luego es expuesto triunfalmente. Algunos líderes de las democracias occidentales consultan con regularidad a astrólogos y místicos antes de tomar decisiones de Estado. Sometidos a la exigencia pública de resultados, los policías que tienen entre manos un asesinato no resuelto o un cuerpo desaparecido consultan a «expertos» de PES (que nunca adivinan nada más de lo que puede dictar el

sentido común pero, según ellos, la policía no deja de llamar). Se anuncia que naciones enemigas están más adelantadas en cuestiones de clarividencia y la CIA, por insistencia del Congreso, invierte dinero público para descubrir si pueden localizarse submarinos en las profundidades oceánicas concentrando el pensamiento en ellos. Un «psíquico» —armado con péndulos sobre unos mapas y varillas de zahori en los aviones— pretende encontrar nuevos depósitos de minerales; una compañía minera australiana le paga una gran cantidad de dólares de entrada, que no deberá devolver en caso de fracaso, y una participación en la explotación del mineral en caso de éxito. No se descubre nada. Estatuas de Jesús o murales de María muestran manchas de humedad, y millones de personas de buen corazón están convencidas de haber visto un milagro.

Todo eso son casos de camelo presunto o demostrado. Aparece un engaño, a veces inocentemente pero en colaboración, a veces con cínica premeditación. Normalmente la víctima se ve sometida a fuertes emociones: maravilla, temor, avaricia, pesar. La aceptación crédula de un camelo puede costarle dinero; eso es lo que quería decir P. T. Barnum cuando dijo: «Nace un primo cada minuto.» Pero puede ser mucho más peligroso que eso y, cuando los gobiernos y las sociedades pierden la capacidad de pensar críticamente, los resultados pueden ser catastróficos... por mucho que lo sintamos por los que han caído en el engaño.

En ciencia, podemos empezar con resultados experimentales, datos, observaciones, medidas, «hechos». Inventamos, si podemos, toda una serie de explicaciones posibles y confrontamos sistemáticamente cada explicación con los hechos. A lo largo de su preparación se proporciona a los científicos un equipo de detección de camelos. Este equipo se utiliza de manera natural siempre que se ofrecen nuevas ideas a consideración. Si la nueva idea sobrevive al examen con las herramientas de nuestro equipo, concedemos una aceptación cálida, aunque provisional. Si usted lo desea, si no quiere comprar camelos aunque sea tranquilizador hacerlo, puede tomar algunas precauciones; hay un método ensayado y cierto, probado por el consumidor.

¿De qué consta el equipo? De herramientas para el pensamiento escéptico.

El pensamiento escéptico es simplemente el medio de construir, y comprender, un argumento razonado y —especialmente importante— reconocer un argumento falaz o fraudulento. La cuestión no es si nos *gusta* la conclusión que surge de una vía de razonamiento, sino si la conclusión se deriva de la premisa o punto de partida y si esta premisa es cierta.

Entre las herramientas:

- Siempre que sea posible tiene que haber una confirmación independiente de los «hechos».



- Alentar el debate sustancioso sobre la prueba por parte de defensores con conocimiento de todos los puntos de vista.
- Los argumentos de la autoridad tienen poco peso: las «autoridades» han cometido errores en el pasado. Los volverán a cometer en el futuro. Quizá una manera mejor de decirlo es que en la ciencia no hay autoridades; como máximo, hay expertos.
- Baraje más de una hipótesis. Si hay algo que se debe explicar, piense en todas las diferentes maneras en que *podría* explicarse. Luego piense en pruebas mediante las que podría refutar sistemáticamente cada una de las alternativas. Lo que sobrevive, la hipótesis que resiste la refutación en esta selección darwiniana entre «hipótesis de trabajo múltiples» tiene muchas más posibilidades de ser la respuesta correcta que si usted simplemente se hubiera quedado con la primera idea que se le ocurrió.<sup>22</sup>
- Intente no comprometerse en exceso con una hipótesis porque es la suya. Se trata sólo de una estación en el camino de búsqueda del conocimiento. Pregúntese por qué le gusta la idea. Compárela con justicia con las alternativas. Vea si puede encontrar motivos para rechazarla. Si no, lo harán otros.
- Cuantifique. Si lo que explica, sea lo que sea, tiene alguna medida, alguna cantidad numérica relacionada, será mucho más capaz de discriminar entre hipótesis en competencia. Lo que es vago y cualitativo está abierto a muchas explicaciones. Desde luego, se pueden encontrar verdades en muchos asuntos cualitativos con los que nos vemos obligados a enfrentarnos, pero encontrarlas es un desafío mucho mayor.
- Si hay una cadena de argumentación, deben funcionar *todos* los eslabones de la cadena (incluyendo la premisa), no sólo la mayoría.
- El rasero de Occam\*. Esta conveniente regla empírica nos induce, cuando nos enfrentamos a dos hipótesis que explican datos *igualmente buenos*, a elegir la más simple.
- Pregúntese siempre si la hipótesis, al menos en principio, puede ser falsificada. Las proposiciones que no pueden comprobarse ni demostrarse falsas, no valen mucho. Consideremos la gran idea de que nuestro universo y todo lo que contiene es sólo una partícula elemental —un electrón, por ejemplo— en un cosmos mucho más grande. Pero si nunca podemos adquirir información de fuera de nuestro universo, ¿no es imposible refutar la idea? Ha de ser capaz de comprobar las aseveraciones. Debe dar oportunidad a

---

<sup>22</sup> Este problema afecta a los juicios con jurado. Estudios retrospectivos demuestran que algunos miembros del jurado deciden su opinión muy pronto quizá durante los discursos de apertura— y luego se quedan con la prueba que parece encajar con sus impresiones iniciales y rechazar la prueba contraria. No les pasa por la cabeza el método de hipótesis alternativas de trabajo.  
 \*¿la navaja de Ockham?

escépticos inveterados de seguir su razonamiento para duplicar sus experimentos y ver si se consigue el mismo resultado.

La confianza en los experimentos cuidadosamente diseñados y controlados es clave, como he intentado subrayar antes. No aprenderemos mucho de la mera contemplación. Es tentador quedarse satisfecho con la primera explicación posible que se nos ocurre. Una es mucho mejor que ninguna. Pero ¿qué ocurre cuando inventamos varias? Francis Bacon proporcionó la razón clásica:

Puede ser que la argumentación no baste para el descubrimiento de un nuevo trabajo, porque la sutileza de la naturaleza es muchas veces mayor que la del argumento.

Los experimentos de control son esenciales. Si, por ejemplo, se dice que una medicina nueva cura una enfermedad en el veinte por ciento de los casos, debemos asegurarnos de que una población de control que toma una pastilla de azúcar que los pacientes creen que podría ser el nuevo medicamento no experimente una remisión espontánea de la enfermedad en el veinte por ciento de los casos.

Deben separarse las variables. Supongamos que usted está mareado y le dan una pulsera de metal y 50 miligramos de dimenhidrinato. Descubre que le desaparece el malestar. ¿Qué ha sido: la pulsera o la pastilla? Sólo puede saberlo si la vez siguiente toma una cosa y no otra y se mareo. Ahora supongamos que usted no tiene tanta devoción por la ciencia como para permitirse estar mareado. Entonces no separará las variables. Tomará los dos remedios a la vez. Ha conseguido el resultado práctico deseado; se podría decir que no le merece la pena la molestia de conseguir más conocimientos.

A menudo el experimento debe ser de «doble ciego» a fin de que los que esperan un descubrimiento determinado no estén en la posición potencialmente comprometedor de evaluar los resultados. Cuando se prueba una nueva medicina, por ejemplo, quizá se quiera que los médicos que determinan qué síntomas de los pacientes se han visto aliviados no sepan qué pacientes han recibido el nuevo fármaco. El conocimiento podría influir en su decisión, aunque sólo fuera inconscientemente. En cambio, la lista de los que experimentaron remisión de síntomas puede compararse con la de los que tomaron el nuevo fármaco, realizada cada una con independencia. Entonces se puede determinar qué correlación existe. O cuando hay un reconocimiento policial o una identificación de foto, el oficial responsable no debería saber quién es el principal sospechoso [para] no influir consciente ni inconscientemente en el testigo.

Además de enseñarnos qué hacer cuando evaluamos una declaración de conocimiento, un buen equipo de detección de camelos también debe enseñarnos qué *no* hacer. Nos ayuda a reconocer las falacias más comunes y peligrosas de la lógica y la retórica. Se pueden encontrar muchos buenos ejemplos en religión y política, porque sus practicantes a menudo se ven obligados a justificar dos proposiciones contradictorias. Entre esas falacias se encuentran:

- *ad hominem*: latín «contra el hombre», atacar al que discute y no a su argumentación (p. ej.: *El reverendo doctor Smith es un conocido fundamentalista de la Biblia, por lo que sus objeciones a la evolución no deben tomarse en serio*);
- argumento de autoridad (p. ej.: *El presidente Richard Nixon debería ser reelegido porque tiene un plan secreto para terminar la guerra en el sudeste de Asia... pero, como era secreto, el electorado no tenía ninguna manera de evaluar sus méritos; el argumento equivalía a confiar en él porque era presidente: craso error, como se vio*);
- argumento de consecuencias adversas (p. ej.: *Debe existir un Dios que dé castigo y recompensa porque, si no, la sociedad sería mucho más ilegal y peligrosa, quizá incluso ingobernable.*<sup>23</sup> O: *El acusado en un juicio de asesinato con mucha publicidad recibió el veredicto de culpable; en otro caso, habría sido un incentivo para que otros hombres matasen a sus esposas*);
- llamada a la ignorancia; la declaración de que todo lo que no ha sido demostrado debe ser cierto, y viceversa (es decir: *No hay una prueba irresistible de que los ovnis no estén visitando la Tierra; por tanto, los ovnis existen... y hay vida inteligente en todas partes en el universo.* O: *Puede haber setenta mil millones de otros mundos pero, como no se conoce ninguno que tenga el avance moral de la Tierra, seguimos siendo centrales en el universo.*) Esta impaciencia con la ambigüedad puede criticarse con la frase: la ausencia de prueba no es prueba de ausencia;
- un argumento especial, a menudo para salvar una proposición en un problema retórico profundo (p. ej.: *¿Cómo puede un Dios compasivo condenar al tormento a las generaciones futuras porque, contra sus órdenes, una mujer indujo a un hombre a comerse una manzana? Argumento especial: no entiendes la sutil doctrina del libre albedrío.* O: *¿Cómo puede*

---

<sup>23</sup> Una formulación más cinica del historiador romano Polibio:

Como las masas del pueblo son inconstantes, plagadas de deseos desenfrenados e indiferentes a las consecuencias, se las debe llenar de terror para mantener el orden. Los antiguos hicieron bien, por tanto, en inventar los dioses y la creencia en el castigo después de la muerte.

*haber un Padre, Hijo y Espíritu Santo igualmente divinos en la misma persona? Argumento especial: no entiendes el misterio divino de la Santísima Trinidad. O: ¿Cómo podía permitir Dios que los seguidores del judaísmo, cristianismo e islam —obligados cada uno a su modo a medidas heroicas de amabilidad afectuosa y compasión— perpetraran tanta crueldad durante tanto tiempo? Argumento especial: otra vez, no entiendes el libre albedrío. Y en todo caso, los caminos de Dios son misteriosos);*

- pedir la pregunta, llamado también asumir la respuesta (p. ej.: *Debemos instituir la pena de muerte para desalentar el crimen violento. Pero ¿se reduce la tasa de delitos violentos cuando se impone la pena de muerte? O: El mercado de acciones sufrió ayer una caída debido a un ajuste técnico y la retirada de beneficios por los inversores... pero ¿hay alguna prueba independiente del papel causal del «ajuste» y retirada de beneficios; nos ha enseñado algo esta explicación implícita?);*
- selección de la observación, llamada también enumeración de circunstancias favorables o, como lo describió Francis Bacon, contar los aciertos y olvidar los fallos<sup>24</sup> (p. ej.: *Un Estado se jacta de los presidentes que ha tenido, pero no dice nada de sus asesinos en serie);*
- estadísticas de números pequeños, pariente cercano de la selección de la observación (p. ej.: *«Dicen que una de cada cinco personas es china. ¿Cómo es posible? Yo conozco cientos de personas" y ninguna de ellas es china. Suyo sinceramente.» O: He sacado tres sietes seguidos. Esta noche no puedo perder»);*
- incompreensión de la naturaleza de la estadística (p. ej.: *El presidente Dwight Eisenhower expresa asombro y alarma al descubrir que la mitad de los americanos tienen una inteligencia por debajo de la media);*

---

<sup>24</sup> Mi ejemplo favorito es esta historia que se contaba del físico italiano Enrico Fermi cuando, recién llegado a las costas americanas, se enroló en el «Proyecto Manhattan» de armas nucleares y se encontró cara a cara en plena segunda guerra mundial con los almirantes estadounidenses:

Fulano de tal es un gran general, le dijeron. ¿Cuál es la definición de un gran general?, preguntó Fermi como era típico en él.

Se supone que es un general que ha ganado muchas batallas consecutivas.

¿Cuántas?

Después de sumar y restar un poco, se fijaron en cinco.

¿Qué fracción de generales americanos son grandes?

Después de sumar y restar un poco más, se fijaron en un pequeño tanto por ciento.

Pero imaginemos, replicó Fermi, que no existe algo así como un gran general, que todos los ejércitos son iguales y que ganar una batalla es puramente un asunto de posibilidades. Entonces, la posibilidad de ganar una batalla es una de dos, o 1/2, dos batallas 1/4, tres 1/8, cuatro 1/16, y cinco batallas consecutivas 1/32... que es cerca del tres por ciento. Es lógico *esperar* que un pequeño tanto por ciento de generales americanos venzan en cinco batallas consecutivas, por pura casualidad. Ahora bien, ¿alguno ha ganado diez batallas consecutivas?...

- inconsistencia (p. ej.: Prepararse con toda prudencia para lo peor de que sea capaz un adversario militar potencial, pero ignorar las proyecciones científicas en peligros medioambientales para ahorrar porque no están «demostrados»). O atribuir el descenso de la esperanza de vida en la antigua Unión Soviética a los defectos del comunismo hace muchos años; pero no atribuir nunca la alta tasa de mortalidad infantil de Estados Unidos (ahora la más alta de las principales naciones industriales) a los defectos del capitalismo. O considerar razonable que el universo siga existiendo siempre en el futuro, pero juzgar absurda la posibilidad de que tenga una duración infinita hacia el pasado);
- *non sequitur*: «no sigue», en latín (p. ej.: *Nuestra nación prevalecerá porque Dios es grande*. Pero casi todas las naciones pretenden que eso es cierto; la formulación alemana era: «*Gott mit uns*»), A menudo, los que caen en la falacia *non sequitur* es simplemente que no han reconocido posibilidades alternativas;
- *post hoc, ergo propter hoc*: en latín, «después de esto, luego a consecuencia de esto» (p. ej.: Jaime Cardinal, arzobispo de Manila: «*Conozco... a una mujer de veintiséis años que parece tener sesenta porque toma píldoras {anticonceptivas}*.» O: *Cuando las mujeres no votaban, no había armas nucleares*);
- pregunta sin sentido (p. ej.: *¿Qué ocurre cuando una fuerza irresistible choca con un objeto inamovible?* Pero si existe algo así como una fuerza irresistible no puede haber objetos inamovibles, y viceversa);
- exclusión del medio o falsa dicotomía: considerar sólo los dos extremos en un continuo de posibilidades intermedias (p. ej.: «*Sí, claro, ponte de su parte; mi marido es perfecto; yo siempre me equivoco*.» O: «*El que no quiere a su país lo odia*.» O: «*Si no eres parte de la solución, eres parte del problema*»);
- corto plazo contra largo plazo: un subgrupo de la exclusión del medio, pero tan importante que lo he destacado para prestarle atención especial (p. ej.: *No podemos emprender programas para alimentar a los niños desnutridos y educar a los preescolares. Se necesita tratar con urgencia el crimen en las calles*. O: *¿Por qué explorar el espacio o seguir la ciencia fundamental cuando tenemos un déficit de presupuesto tan enorme?*);
- terreno resbaladizo, relacionado con la exclusión del medio (p. ej.: *Si permitimos el aborto en las primeras semanas de embarazo, será imposible impedir la muerte de un bebé formado*. O al contrario: *Si el Estado nos prohíbe abortar aunque sea en el noveno mes, pronto nos empezará a decir lo que tenemos que hacer con nuestro cuerpo en el momento de la concepción*);
- confusión de correlación y causa (p. ej.: *Una encuesta muestra que hay más homosexuales entre los licenciados universitarios que entre los de menor*

*educación; en consecuencia, la educación hace homosexual a la gente. O: Los terremotos andinos están correlacionados con aproximaciones más cercanas del planeta Urano; en consecuencia —a pesar de la ausencia de una correlación así para el planeta más cercano y más imponente, Júpiter—, lo segundo causa lo primero*<sup>25</sup>

- hombre de paja: caricaturizar una postura para facilitar el ataque (p. ej.: *Los científicos suponen que los seres vivos se formaron juntos por casualidad*, una formulación que ignora deliberadamente la principal idea darwiniana: que la naturaleza avanza conservando lo que funciona y descartando lo que no. O, y eso también es una falacia a largo/corto plazo, *los defensores del medio ambiente se preocupan más por los caracoles y los buhos moteados que por las personas*);

- prueba suprimida, o media verdad (p. ej.: Aparece en televisión una «profecía» sorprendentemente precisa y ampliamente citada del intento de asesinato del presidente Reagan, pero —detalle importante— ¿fue grabada antes o después del acontecimiento? O: *Estos abusos del gobierno exigen una revolución, aunque sea imposible hacer una tortilla sin romper antes los huevos*. Sí, pero ¿en esta revolución morirá más gente que con el régimen anterior? ¿Qué sugiere la experiencia de otras revoluciones? ¿Son deseables y en interés del pueblo todas las revoluciones contra regímenes opresivos?

- palabras equívocas (p. ej.: La separación de poderes de la Constitución de Estados Unidos especifica que este país no puede entrar en guerra sin una declaración del Congreso. Por otro lado, los presidentes tienen el control de la política exterior y la dirección de las guerras, que son herramientas potencialmente poderosas para conseguir la reelección. Los presidentes de cualquier partido político podrían verse tentados por tanto a disponer guerras mientras levantan la bandera y llaman a las guerras otra cosa: «acciones de policía», «incursiones armadas», «golpes reactivos de protección», «pacificación», «salvaguarda de los intereses americanos», y una gran variedad de «operaciones», como las de la «Operación Causa Justa». Los eufemismos para la guerra forman parte de una gran clase de reinventaciones del lenguaje con fines políticos. Talleyrand dijo: «Un arte importante de los políticos es encontrar nombres nuevos para instituciones que bajo sus nombres viejos se han hecho odiosas al pueblo»).

---

<sup>25</sup> O: Los niños que miran programas de televisión violentos tienden a ser más violentos de mayores. Pero ¿es la televisión lo que causa la violencia, o es que los niños violentos disfrutan preferentemente viendo programas violentos? Es muy probable que los dos enunciados sean verdad. Los defensores comerciales de la violencia en la televisión arguyen que cualquier persona puede distinguir entre televisión y realidad. Pero el promedio actual de los programas infantiles de los sábados por la mañana es de veinticinco actos violentos por hora. Cuando menos, eso insensibiliza a los niños pequeños ante la agresión y la crueldad sin ton ni son. **Y**, si pueden implantarse recuerdos falsos en los cerebros de adultos impresionables, ¿qué estamos implantando en las mentes de nuestros hijos cuando los exponemos a unos cien mil actos de violencia antes de que acaben la escuela elemental?

Conocer la existencia de esas falacias retóricas y lógicas completa nuestra caja de herramientas. Como todas las herramientas, el equipo de detección de camelos puede usarse mal, aplicarse fuera de contexto o incluso emplearse rutinariamente como alternativa al pensamiento. Pero, si se aplica con juicio, puede marcar toda la diferencia del mundo, y nos ayuda a evaluar nuestros propios argumentos antes de presentarlos a otros.

---000---

La industria del tabaco americana factura unos cincuenta mil millones al año. Admiten que hay una correlación estadística entre fumar y el cáncer, pero no una relación causal, dicen. Añaden que se está cometiendo una falacia lógica. ¿Qué podría significar eso? Quizá las personas con propensión hereditaria al cáncer tienen una propensión hereditaria a tomar drogas adictivas, por lo que el cáncer y el fumar podrían estar correlacionados, pero el cáncer no sería provocado por fumar. Pueden inventarse relaciones cada vez más inverosímiles de este tipo. Esta es exactamente una de las razones por las que la ciencia insiste en los experimentos de control.

Supongamos que pintamos los lomos de gran número de ratones con alquitrán de cigarrillo y supervisamos también la salud de grandes números de ratones casi idénticos que no han sido pintados. Si el primer grupo contrae cáncer y el segundo no, se puede estar bastante seguro de que la correlación es causal. Si se inhala humo de tabaco, la posibilidad de contraer cáncer aumenta; no se inhala, y la tasa se mantiene al nivel básico. Lo mismo ocurre con el enfisema, la bronquitis y las enfermedades cardiovasculares.

Cuando en 1953 se publicó el primer trabajo en la literatura científica que demostraba que cuando se pintan las sustancias del cigarrillo en los lomos de roedores producen resultados malignos (cáncer), la respuesta de las seis principales compañías de tabaco fue iniciar una campaña de relaciones públicas para impugnar la investigación, patrocinada por la Fundación Sloan Kettering. Eso es similar a lo que hizo la Du Pont Corporation cuando en 1974 se publicó la primera investigación que demostraba que sus productos de freno atacan la capa protectora de ozono. Hay muchos más ejemplos.

Sería normal pensar que antes de denunciar descubrimientos que no les gustan, las empresas principales dedicarían considerables recursos a comprobar la seguridad de los productos que se proponen fabricar. Y, si se olvidaron de algo, si los científicos independientes señalan un riesgo, ¿por qué protestan las compañías? ¿Preferirían matar a la gente que perder beneficios? Si, en un mundo incierto, debiera cometerse un error, ¿no se

inclinaria hacia la proteccion de los clientes y el publico? Y, a proposito, ¿que dicen estos casos sobre la capacidad de la empresa privada de vigilarse a si misma? ¿No demuestran que al menos algunas intervenciones del gobierno son en interes del publico?

Un informe interno de 1971 de la Brown and Williamson Tobacco Corporation enumera como objetivo corporativo «eliminar de la mente de millones de personas la falsa conviccion de que fumar cigarrillos causa cancer de pulmon y otras enfermedades; una conviccion basada en presunciones fanaticas, rumores falaces, denuncias sin fundamento y conjeturas de oportunistas en busca de publicidad». Se quejan del

ataque increible, sin precedentes e infame contra el cigarrillo, que constituye la mayor difamacion y calumnia que se ha perpetrado jamas contra un producto en la historia de la Ubre empresa; una difamacion criminal de proporciones e implicaciones tan importantes que uno se pregunta como una cruzada de calumnias puede reconciliarse... como la Constitucion puede ser tan burlada y violada [sic].

Esta retorica es solo ligeramente mas encendida que la que ha publicado de vez en cuando la industria del tabaco para consumo publico.

Hay muchas marcas de cigarrillos que anuncian ser bajas en «alquitran» (diez miligramos o menos por cigarrillo). ¿Por que es eso una virtud? Porque es en los alquitranes refractarios donde se concentran hidrocarburos policiclicos aromaticos y otros carcinogenos. ¿No son los anuncios de bajo en alquitran una admision tacita por las companias de tabaco de que los cigarrillos causan realmente el cancer?

Healthy Buildings International es una organizacion con animo de lucro que ha recibido millones de dolares a lo largo de los años de la industria del tabaco. Realiza investigaciones sobre el fumador pasivo y atestigua a favor de las companias de tabaco. En 1994, tres tecnicos se quejaron de que antiguos ejecutivos habian falsificado los datos sobre particulas de cigarrillo inhalables en el aire. En cada caso, los datos inventados o «corregidos» hacian que el humo del tabaco pareciera mas sano que lo indicado por las mediciones de los tecnicos. ¿Encuentran alguna vez los departamentos de investigacion corporativos o los contratados del exterior que un producto es mas peligroso de lo que la corporacion de tabaco declara publicamente? Si es asi, ¿siguen con su puesto de trabajo?

El tabaco es adictivo; segun muchos criterios, mas todavia que la heroína o la cocaína. Hay una razon para que uno, como decia un anuncio de la decada de los cuarenta, «ande una milla en busca de un Camel». Ha muerto mas gente por el tabaco que en toda la segunda guerra mundial. Segun la Organizacion Mundial de la Salud, fumar mata a tres millones de personas al



año en todo el mundo. Eso se elevará a diez millones anuales en el 2020, en parte a causa de una ingente campaña publicitaria que presentaba el fumar como progresista y de moda para las mujeres jóvenes en el mundo de hoy. Parte del éxito de la industria del tabaco en suministrar esta elaboración de venenos adictivos puede atribuirse a la escasa familiaridad con la detección de camelos, el pensamiento crítico y el método científico. La credulidad mata.

**CAPÍTULO 13**

**OBSESIONADO**

**CON LA**

**REALIDAD**

Un armador se disponía a echar a la mar un barco de emigrantes. Sabía que el barco era viejo y que no había sido construido con gran esmero; que había visto muchos mares y climas y se había sometido a menudo a reparaciones. Se había planteado dudas sobre si estaba en condiciones de navegar. Esas dudas lo reconcomían y le hacían sentirse infeliz; pensaba que quizá sería mejor revisarlo y repararlo, aunque le supusiera un gran gasto. Sin embargo, antes de que zarpara el barco consiguió superar esas reflexiones melancólicas. Se dijo a sí mismo que el barco había soportado tantos viajes y resistido tantas tormentas que era ocioso suponer que no volvería a salvo a casa también después de este viaje. Pondría su confianza en la Providencia, que difícilmente podría ignorar la protección de todas esas familias infelices que abandonaban su patria para buscar tiempos mejores en otra parte. Alejaría de su mente toda sospecha poco generosa sobre la honestidad de los constructores y contratistas. De este modo adquirió una convicción sincera y reconfortante de que su nave era totalmente segura y estaba en condiciones de navegar; contempló cómo zarpaba con el corazón aliviado y con los mejores deseos de éxito para los exiliados en su nuevo hogar en el extranjero; y recibió el dinero del seguro cuando la nave se hundió en medio del océano y no se supo nada más.

¿Qué podemos decir de él? Desde luego, que era verdaderamente culpable de la muerte de esos hombres. Se admite que creía sinceramente en la solidez de ese barco; pero la sinceridad de su convicción de ningún modo puede ayudarle, porque *no tenía derecho a creer con una prueba como la que tenía delante*.

No había adquirido su fe honestamente en investigación paciente, sino sofocando sus dudas...

WILLIAM K. CLIFFORD  
*La ética de la fe* (1874)

En los límites de la ciencia —y a veces como atavismo del pensamiento precientífico— hay una serie de ideas al acecho que son atractivas, o al menos modestamente intrigantes, pero que no han sido tamizadas a conciencia con el equipo de detección de camelos, al menos por parte de sus defensores: la idea, por ejemplo, de que la superficie de la Tierra está en el interior, no en el exterior de una esfera; o la aseveración de que se puede levitar mediante la meditación y que los bailarines de ballet y los jugadores de baloncesto dan unos saltos tan altos por levitación; o la propuesta de que yo tengo algo que se llama alma, no hecho de materia o energía, sino de otra cosa de la que no hay pruebas, y que después de mi muerte podría volver a animar a una vaca o a un gusano.

Ofrecimientos típicos de la pseudociencia y la superstición —se trata de una lista meramente representativa, no completa— son la astrología; el triángulo de las Bermudas; *Big Foot* y el monstruo del Lago Ness; los fantasmas; el «mal de ojo»; las «auras» como halos multicolores que según dicen rodean la cabeza de todos (con colores personalizados); la percepción extrasensorial (PES) como telepatía, predicción, telequinesis y «visión remota» de lugares distantes; la creencia de que el trece es un número «desafortunado» (razón por la que muchos edificios de oficinas serios y hoteles de América pasan directamente del piso doce al catorce... ¿por qué arriesgarse?); las estatuas que sangran; la convicción de que llevar encima una pata de conejo da buena suerte; las varitas adivinas, los zahoríes y los hechizos de agua; la «comunicación facilitada» en el autismo; la creencia de que las cuchillas de afeitar se mantienen más afiladas si se guardan dentro de pirámides de cartón y otros principios de «piramidología»; las llamadas telefónicas (ninguna de ellas a cobro revertido) de los muertos; las profecías de Nostradamus; el supuesto descubrimiento de que los platelmintos no amaestrados pueden aprender una tarea comiendo los restos triturados de otros platelmintos más adiestrados; la idea de que se cometen más crímenes cuando hay luna llena; la quiromancia, la numerología; la poligrafía; los cometas, las hojas de té y los nacimientos «monstruosos» como anuncio de futuros acontecimientos (más las adivinaciones de moda en épocas anteriores, que se conseguían mirando entrañas, humo, la forma de las llamas, sombras, excrementos, escuchando el ruido de los estómagos e incluso, durante un breve período, examinando tablas de logaritmos); la «fotografía» de hechos pasados, como la crucifixión de Jesús; un elefante ruso que habla perfectamente; «sensitivos» que leen libros con la yema de los dedos cuando se les cubre los ojos sin rigor; Edgar Cayce (que predijo que en la década de

los sesenta se elevaría el continente «perdido» de la Atlántida) y otros «profetas», dormidos y despiertos; charlatanería sobre dietas; experiencias fuera del cuerpo (es decir, al borde de la muerte) interpretadas como acontecimientos reales en el mundo externo; el fraude de los curanderos, las tablas de Ouija, la vida emocional de los geranios revelada por el uso intrépido de un «detector de mentiras»; el agua que recuerda qué moléculas solían disolverse en ella; describir la personalidad a partir de características faciales o bultos en la cabeza; la confusión del «mono número cien» y otras afirmaciones de que lo que una pequeña fracción de nosotros quiere que sea cierto lo es realmente; *seres* humanos que arden espontáneamente y quedan chamuscados; biorritmos de tres ciclos; máquinas de movimiento perpetuo que prometen suministros ilimitados de energía (todas ellas, por una u otra razón, vedadas al examen minucioso de los escépticos); las predicciones sistemáticamente fallidas de Jeane Dixon (que «predijo» una invasión soviética de Irán en 1953, y que en 1965 la Unión Soviética se adelantaría a Estados Unidos en colocar al primer humano en la Luna)<sup>26</sup> y otros «psíquicos» profesionales; la predicción de los Testigos de Jehová de que el mundo terminaría en 1917 y muchas profecías similares; la dianética y la cienciaología, Carlos Castañeda y la «brujería»; las afirmaciones de haber encontrado los restos del Arca de Noé; el «horror de Amityville» y otras obsesiones; y relatos de un pequeño brontosaurio que atraviesa la jungla de la República del Congo en nuestra época. (Puede encontrarse un comentario en profundidad de muchas de esas afirmaciones en *Encyclopedia of the Paranormal*, Gordon Stein, ed., Buffalo, Prometheus Books, 1996.)

Muchas de estas doctrinas son rechazadas de plano por fundamentalistas cristianos y judíos porque la Biblia así lo ordena. El Deuteronomio (18, 10-11) dice (en traducción de la Biblia de Jerusalén):

No ha de haber en ti nadie que haga pasar a su hijo o a su hija por el fuego, que practique adivinación, astrología, hechicería o magia, ningún encantador ni consultor de espectros o adivinos, ni evocador de muertos.

Se prohíbe la astrología, la canalización, las tablas de Ouija, la predicción del futuro y muchas cosas más. El autor del Deuteronomio no dice que esas prácticas no sirvan para dar lo que prometen. Pero son «abominaciones»... quizá adecuadas para otras naciones pero no para los seguidores de Dios. E incluso el apóstol Pablo, tan crédulo en tantos otros asuntos, nos aconseja «comprobarlo todo».

---

<sup>26</sup> Violando las normas para «Oráculos y Magos» fijadas por Thomas Ady en 1656: «En cosas dudosas, daban respuestas dudosas... En lo que había probabilidades más seguras, daban respuestas más seguras.»

El filósofo judío español del siglo XV. Moisés Maimónides, va más allá del Deuteronomio porque explícita que esas pseudociencias no funcionan:

Está prohibido implicarse en astrología, echar hechizos, susurrar conjuros... Todas esas prácticas no son más que mentiras y engaños que los pueblos paganos antiguos usaban para engañar a las masas y llevarlas por mal camino... La gente sabia e inteligente no se deja engañar. [De la *Mishneh Torah, Avodah Zara*, capítulo 11.]

Hay algunas declaraciones difíciles de comprobar: por ejemplo, que una expedición no consiga encontrar el fantasma del brontosaurio no quiere decir que no exista. La ausencia de prueba no es prueba de ausencia. Otras son más fáciles: por ejemplo, el aprendizaje caníbal de los platelmintos o el anuncio de que colonias de bacterias sometidas a un antibiótico en un plato de agar prosperan cuando se reza (en comparación con la bacteria de control no redimida por la oración). Se pueden excluir algunas —por ejemplo, las máquinas de movimiento perpetuo— en base a la física fundamental. Aparte de ellas, no sabemos *antes* de examinar la prueba que las ideas son falsas; cosas más extrañas se incorporan habitualmente en el corpus de la ciencia.

La cuestión, como siempre, es: ¿es buena la prueba? El peso de la demostración cae sobre los hombros de los que avanzan tales declaraciones. Es revelador que algunos proponentes sostengan que el escepticismo es un estorbo, que la verdadera ciencia es investigación *sin* escepticismo. Quizá están a mitad de camino. Pero el medio del camino no es la meta.

La parapsicóloga Susan Blackmore describe uno de los pasos en su transformación a una actitud más escéptica sobre los fenómenos «psíquicos»:

Una madre y su hija de Escocia afirmaban que podían captar imágenes de la mente de la otra. Para someterse a las pruebas, decidieron jugar a las cartas, que es lo que solían hacer en casa. Yo las dejé elegir la habitación en la que se haría la prueba y me aseguré de que la «receptora» no viera las cartas de la otra. Fracasaron. No pudieron acertar más de lo que predecía la casualidad y se quedaron terriblemente decepcionadas. Habían creído sinceramente que eran capaces de hacerlo y yo empecé a ver qué fácil es que nos engañe nuestro propio deseo de creer. Tuve experiencias similares con varios zahones, niños que afirmaban que podían mover objetos psicoquinéticamente, y otros que decían tener poderes telepáticos. Todos fallaron. Ahora mismo tengo un número de cinco dígitos, una palabra y un objeto pequeño en la cocina de mi casa. El lugar y los objetos fueron elegidos por un joven que pretende «verlos» cuando viaja fuera de su cuerpo. Hace tres años que están allí (aunque cambiados regularmente de sitio). De momento, sin embargo, no lo ha conseguido.

«Telepatía» significa literalmente sentir a distancia, igual que «teléfono» es oír a distancia y «televisión», ver a distancia: la palabra no sugiere la comunicación de pensamientos sino de sentimientos y emociones. Alrededor de un cuarto de millón de estadounidenses creen haber experimentado algo así como la telepatía. Las personas que se conocen bien unas a otras, que viven juntas, que conocen mutuamente el tono de sus sentimientos, el tipo de asociaciones y la manera de pensar a menudo pueden anticipar qué dirá la otra. En eso entran en juego simplemente los cinco sentidos habituales, más la empatía, sensibilidad e inteligencia humanas en funcionamiento. Puede parecer extrasensorial, pero no es en absoluto lo que implica la palabra «telepatía». Si alguna vez se demostrara realmente algo así de manera concluyente, creo que habría causas físicas discernibles, quizá corrientes eléctricas en el cerebro. La pseudociencia, bien o mal etiquetada, no es de ningún modo lo mismo que lo sobrenatural, que por definición es algo de algún modo fuera de la naturaleza.

Es poco probable que algunas de esas declaraciones paranormales puedan ser verificadas un día con datos científicos sólidos. Pero sería una locura aceptar algunas de ellas sin la prueba adecuada. Con el mismo espíritu que con los dragones del garaje, como esas afirmaciones todavía no han sido desaprobadas o explicadas adecuadamente, es mucho mejor contener nuestra impaciencia, alimentar la tolerancia de la ambigüedad y esperar —o, mucho mejor, buscar— pruebas que lo confirmen o lo refuten.

---000---

*En una tierra lejana de los mares del Sur corrió el rumor que había un hombre muy sabio, un curandero, un espíritu personificado. Podía hablar a través del tiempo. Era un Maestro Ascendido. Venía, decían. Venía...*

En 1988, los periódicos australianos, revistas y canales de televisión empezaron a recibir la buena noticia a través de equipos de prensa y cintas de vídeo. Un folleto decía:

CARLOS  
APARECERÁ EN AUSTRALIA

Los que lo han visto jamás lo olvidarán. De pronto, el artista joven y brillante que les está hablando parece titubear, se le reduce el pulso peligrosamente y prácticamente se detiene hasta la muerte. El auxiliar médico asignado para mantener una vigilancia constante está a punto de hacer sonar la alarma.

Pero entonces, con un latido poderoso, le vuelve el pulso... más rápido y fuerte que antes. Es evidente que la fuerza de la vida ha regresado al cuerpo... pero la entidad dentro de este cuerpo ya no es José Luis Álvarez, un hombre de diecinueve años cuyas singulares cerámicas pintadas se exhiben en las casas más lujosas de Norteamérica. Dentro de su cuerpo ha ocupado su lugar Carlos, una alma antigua cuyas enseñanzas serán al mismo tiempo un trastorno y una inspiración. Un ser que atraviesa una forma de muerte para dar paso a otra: éste es el fenómeno que ha hecho de Carlos, canalizado a través de José Luis Álvarez, la nueva figura dominante de la conciencia de la Nueva Era. Como dice incluso un crítico escéptico de Nueva York: «El primer y único caso de canalizador que ofrece una prueba tangible, física, de un cambio misterioso dentro de su fisiología humana.»

Ahora José, que se ha sometido a más de ciento setenta de esas pequeñas muertes y transformaciones, ha recibido la orden de Carlos de visitar Australia: en palabras del maestro, «la vieja tierra nueva» que va a ser la fuente de una revelación especial. Carlos ya había presagiado que en 1988 las catástrofes barrerían la tierra, morirían dos líderes mundiales importantes y, más tarde, ese mismo año, los australianos serían los primeros que verían elevarse una gran estrella que influiría profundamente en el futuro de la vida en la tierra.

DOMINGO 21  
3.00 p.m.  
CASA DE LA ÓPERA  
TEATRO DRAMÁTICO

Después de un accidente de moto en 1986, se explicaba en el dossier de prensa, José Álvarez —que tenía a la sazón diecisiete años— sufrió una conmoción cerebral suave. Cuando se hubo recuperado, los que le conocían se dieron cuenta que había cambiado. A veces emanaba de él una voz muy diferente. Asustado, Álvarez buscó la ayuda de un psicoterapeuta, un especialista en trastornos múltiples de personalidad. El psiquiatra «descubrió que José canalizaba una entidad distinta a la que llamaron Carlos. Esta entidad se apodera del cuerpo de Álvarez cuando la fuerza de vida del cuerpo está en el grado de relajación correcto». Carlos, por lo visto, es un espíritu desencarnado de hace dos mil años, un fantasma sin forma corporal que invadió un cuerpo humano por última vez en Caracas, Venezuela, en 1900. Lamentablemente, ese cuerpo murió a los doce años al caer de un caballo. Esa puede ser la razón, explicó el terapeuta, por la que Carlos pudo entrar en el cuerpo de Álvarez después del accidente de moto. Cuando Álvarez entra en trance, entra en él el espíritu de Carlos, enfocado por un cristal grande y raro, y pronuncia la sabiduría de los siglos.



En el dossier de prensa se incluía una lista de las principales apariciones en ciudades americanas, una videocinta de la tumultuosa recepción de Álvarez/Carlos en un teatro de Broadway, su entrevista en la emisora de radio WOOP de Nueva York, y otras indicaciones de que aquello era un formidable fenómeno norteamericano de la Nueva Era. Dos detalles sustanciosos: un artículo de un periódico del sur de Florida decía: «NOTA DE TEATRO: La estancia de tres días del canalizador CARLOS se ha ampliado al War Memorial Auditorium... en respuesta a la petición de más apariciones», y un extracto de una guía de programas de televisión comentaba la emisión de un especial sobre «LA ENTIDAD CARLOS: Este estudio en profundidad revela los hechos tras una de las personalidades más populares y controvertidas del día».

Álvarez y su manager llegaron a Sydney en un vuelo de primera clase de Qantas. Viajaron a todas partes en una enorme limusina blanca. Ocuparon la suite presidencial de uno de los hoteles más prestigiosos de la ciudad. Álvarez iba ataviado con una elegante túnica blanca y un medallón de oro. En su primera conferencia de prensa apareció rápidamente Carlos. La entidad era vigorosa, letrada, imponente. Los programas de televisión australianos se sumaron rápidamente a la cola para conseguir apariciones de Álvarez, su manager y su enfermera (para comprobar el pulso y anunciar la presencia de Carlos).

En el *Today Show* de Australia fueron entrevistados por el anfitrión, George Negus. Cuando Negus les planteó algunas preguntas razonables y escépticas se mostraron de lo más susceptibles. Carlos maldijo al presentador. El manager acabó tirándole un vaso de agua a Negus y salieron los dos del plató con aire majestuoso. El asunto causó sensación en la prensa, se repitieron las imágenes muchas veces en la televisión australiana. «Arrebato en TV: ducha de agua para Negus» era el titular de primera página del *Daily Mirror* del 16 de febrero de 1988. Las emisoras de televisión recibieron miles de llamadas. Un ciudadano de Sydney aconsejó que se tomaran muy en serio la maldición sobre Negus: el ejército de Satanás ya había asumido el control de las Naciones Unidas, decía, y Australia podía ser la próxima.

La siguiente aparición de Carlos fue en la versión australiana de *A Current Affair*. Se invitó a un escéptico, que describió el truco de magia para detener brevemente el pulso de una mano: te pones una bola de goma en el sobaco y aprietas. Cuando se cuestionó la autenticidad de Carlos, éste se ofendió: «¡La entrevista ha terminado!», dijo con voz de trueno.

El día señalado, el teatro Dramático de la Casa de la Ópera de Sydney estaba casi lleno. Se había reunido una multitud expectante de jóvenes y viejos. La entrada era libre... lo que animó a los que sospechaban vagamente que podía ser algún tipo de patraña. Álvarez se sentó en un sofá

bajo. Le controlaron el pulso. De pronto se detuvo. Aparentemente, estaba casi muerto. Emitía graves sonidos guturales desde muy dentro de él. La audiencia esperaba boquiabierta con respeto y reverencia. De pronto, el cuerpo de Álvarez recuperó el poder. Su postura irradiaba confianza. De la boca de Álvarez fluía una amplia perspectiva humana, espiritual. ¡Carlos estaba allí! Entrevistados al salir, muchos miembros del público describieron que se sentían conmovidos y maravillados.

El domingo siguiente, el programa de televisión más popular de Australia —llamado «Sixty Minutes» como su equivalente norteamericano— reveló que la historia de Carlos era una broma, de principio a fin. Los productores habían pensado que sería instructivo explorar la facilidad con que podía crearse un curandero o gurú para embaucar al público y los medios de comunicación. Por eso, naturalmente, se pusieron en contacto con uno de los principales expertos del mundo en engañar al público (al menos entre los que no ocupan o asesoran a ningún cargo político): el mago James Randi.

---000---

«...habiendo tantos trastornos que se curan solos y tanta disposición en la humanidad a engañarse a uno mismo y a otros», escribió Benjamín Franklin en 1784,

y como mi largo tiempo de vida me ha dado frecuentes oportunidades de ver ensalzados algunos remedios como si lo curasen todo para ser dejados a continuación totalmente de lado por inútiles, no puedo sino temer que la expectativa de gran beneficio del nuevo método para tratar enfermedades resultará una ilusión. Sin embargo, en algunos casos esta ilusión puede ser de utilidad mientras dure.

Se refería al mesmerismo. Pero «cada época tiene su locura particular».

A diferencia de Franklin, la mayoría de los científicos consideran que no es su tarea exponerse a engaños pseudocientíficos, mucho menos a autoengaños sostenidos apasionadamente. Además, tampoco tienden a ser muy buenos en ello. Los científicos están acostumbrados a lidiar con la naturaleza que, aunque quizá ofrezca sus secretos con renuencia, lucha de manera justa. A menudo no están preparados para esos practicantes sin escrúpulos de lo «paranormal» que siguen normas diferentes. Los magos, por otro lado, están en el negocio del engaño. Practican una de las muchas ocupaciones —como la actuación, la publicidad, la religión burocrática y la política— en que lo que un observador ingenuo podría interpretar como mentira es aceptado socialmente como si fuera en servicio de un bien mayor. Muchos magos dicen que no engañan y sugieren que sus poderes les son

transferidos por fuentes místicas o, últimamente, por generosidad extraterrestre. Algunos usan sus conocimientos para poner en evidencia a los charlatanes que hay entre sus filas y fuera de ellas. Un ladrón se dispone a cazar a otro ladrón.

Pocos reaccionan a este desafío con tanta energía como James Randi, «el asombroso», que se describe a sí mismo con precisión como un hombre enfadado. La supervivencia hasta nuestros días del misticismo antediluviano y la superstición no le enoja tanto como la aceptación acrítica de las obras de misticismo y superstición que pueden defraudar, humillar y a veces incluso matar. Como todos nosotros, Randi es imperfecto: a veces es intolerante y condescendiente y no siente ninguna simpatía por las fragilidades humanas que fundamentan la credulidad. Le suelen pagar por sus conferencias y actuaciones, pero nada comparable a lo que recibiría si declarase que sus trucos derivan de poderes psíquicos o divinos, o de influencias extraterrestres. (La mayoría de prestidigitadores profesionales de todo el mundo parece creer en la realidad de los fenómenos psíquicos... según los sondeos de sus opiniones.) Como prestidigitador, Randi ha trabajado mucho para desenmascarar a videntes remotos, «telépatas» y curanderos que han estafado al público. Hizo una demostración de los sencillos engaños y apreciaciones erróneas mediante los cuales los psíquicos que doblan cucharas habían conseguido que físicos teóricos prominentes reconocieran la existencia de nuevos fenómenos físicos. Ha recibido un amplio reconocimiento entre los científicos y es poseedor de una beca de la Fundación MacArthur (llamada «de genio»). Un crítico le acusó de estar «obsesionado con la realidad». Ojalá pudiera decirse lo mismo de nuestra nación y nuestra especie.

Randi ha hecho más que nadie en épocas recientes para poner al descubierto la simulación y el fraude en el lucrativo negocio de la curación mediante la fe. Examina las pruebas. Comenta los cotillees. Escucha la corriente de información «milagrosa» que llega al curandero itinerante... no por inspiración divina, sino por radio, a 39,17 megaherzios de frecuencia, transmitida por su esposa entre bastidores.<sup>27</sup> Randi descubre que los que se levantan de las sillas de ruedas y, según se afirma, han sido curados, nunca habían estado confinados a sillas de ruedas: un acomodador los invitó a sentarse en ellas. Desafía a los curanderos a proporcionar pruebas médicas serias para dar validez a sus reclamaciones. Invita a las agencias locales y federales del gobierno a aplicar la ley contra el fraude y la mala práctica

---

<sup>27</sup> Cuyos secuaces habían entrevistado a los crédulos pacientes sólo una hora o dos antes. ¿Cómo podría conocer el predicador sus síntomas y las direcciones de sus casas si no era a través de Dios? Esa patraña del curandero fundamentalista cristiano Peter Popoff, denunciada por Randi en su momento, fue llevada al cine con poca ficción añadida en 1993: *Leap of Faith*.

médica. Critica a los medios de información por su estudiado alejamiento del tema. Revela el desprecio profundo de esos curanderos hacia sus pacientes y parroquianos. Muchos son charlatanes intencionales que usan el lenguaje y los símbolos evangélicos cristianos o de la Nueva Era para aprovecharse de la fragilidad humana. Quizá algunos de ellos tengan motivos no venales.

¿O soy demasiado severo? ¿En qué se diferencia el charlatán ocasional del curanderismo del fraude ocasional en la ciencia? ¿Es razonable sospechar de toda una profesión porque hay algunas manzanas podridas? Me parece que, como mínimo, hay dos diferencias importantes. Primero, nadie duda de que la ciencia funciona de verdad, aunque de vez en cuando pueda ofrecerse una afirmación errónea o fraudulenta. Pero que haya *alguna* curación «milagrosa» gracias a la fe, independientemente de la capacidad de curarse propia del cuerpo, es francamente dudoso. En segundo lugar, la ciencia pone al descubierto sus fraudes y errores casi exclusivamente por sí misma. Es una disciplina que se vigila a sí misma, lo que significa que los científicos son conscientes del potencial de charlatanería y error que existe. Pero casi nunca son los curanderos quienes revelan el fraude y error en la curación por la fe. Ciertamente, es sorprendente la resistencia de las Iglesias y sinagogas a condenar el engaño demostrable entre sus filas.

Cuando fracasa la medicina convencional, cuando tenemos que enfrentarnos al dolor y la muerte, desde luego estamos abiertos a otras perspectivas de esperanza. Y, al fin y al cabo, hay algunas enfermedades psicogénicas. Muchas pueden ser cuando menos mitigadas con una mentalidad positiva. Los placebos son fármacos ficticios, a menudo pastillas de azúcar. Las compañías de fármacos comparan rutinariamente la eficacia de sus fármacos con los placebos administrados a pacientes con la misma enfermedad sin posibilidad de reconocer la diferencia entre el fármaco y el placebo. Los placebos pueden ser asombrosamente efectivos, especialmente para resfriados, ansiedad, depresión, dolor y síntomas que es verosímil que estén generados por la mente. Es concebible que el hecho de creer pueda producir endorfinas: pequeñas proteínas del cerebro con efectos como la morfina. Un placebo sólo funciona si el paciente cree que es una medicina efectiva. Dentro de límites estrictos, parece que la esperanza puede transformarse en bioquímica.

Como ejemplo típico, consideremos la náusea y vómitos que suelen acompañar a la quimioterapia en pacientes de cáncer y sida. Ambas cosas pueden ser causadas psicogénicamente: por ejemplo, por miedo. El fármaco hidrocloreuro ondansetron reduce en gran medida la incidencia de esos síntomas; pero, en realidad, ¿es el fármaco o la expectativa de alivio? En un estudio de doble ciego, el noventa y seis por ciento de los pacientes

calificaron el fármaco de efectivo. Lo mismo hicieron el diez por ciento de los pacientes que tomaban un placebo de aspecto idéntico.

Casi la mitad de los norteamericanos cree que existe lo que se llama curación psíquica o espiritual. A lo largo de la historia humana se han asociado las curas milagrosas a una amplia variedad de curanderos, reales o imaginarios. La escrófula, una especie de tuberculosis, se llamaba en Inglaterra el «mal del rey» y se suponía que sólo podía ser curada mediante la mano del rey. Las víctimas guardaban cola pacientemente para que el rey las tocara; el monarca se sometía brevemente a otra pesada obligación de su alto cargo y —aunque no parece que se curara nadie— la práctica continuó durante siglos.

Un famoso curandero del siglo XVII fue Valentino Greatracks. Descubrió, con cierta sorpresa, que tenía poder para curar enfermedades, incluyendo resfriados, úlceras, «picores» y epilepsia. La demanda de sus servicios aumentó de tal modo que no tenía tiempo para nada más. Afirmaba que todas las enfermedades eran causadas por espíritus malos, a muchos de los cuales reconocía y llamaba por su nombre. Un cronista contemporáneo, citado por Mackay, apuntó que

alardeaba de estar mucho más al corriente de las intrigas de los demonios que de los asuntos de los hombres... Tan grande era la confianza en él, que el ciego creía ver la luz que no veía, el sordo imaginaba que oía, el cojo que andaba bien y el paralítico que había recobrado el uso de sus extremidades. La idea de salud hacía que el enfermo olvidara por un tiempo sus males; y la imaginación, que no era menos activa en los meramente atraídos por curiosidad que en los enfermos, daba una falsa visión a una clase, por el deseo de ver, así como realizaba una falsa cura en la Otra por el fuerte deseo de ser curado.

Hay innumerables informes en la literatura mundial de exploración y antropología no sólo de enfermos curados por fe en el curandero sino también de gente que se consume y muere por la maldición de un brujo. Álvar Núñez Cabeza de Vaca que, con algunos acompañantes y en terribles condiciones de privación vagó por mar y tierra, desde Florida hasta Texas y México entre 1528 y 1536, cuenta un ejemplo más o menos típico. Todas las comunidades de nativos americanos que encontró en su camino deseaban creer en los poderes sobrenaturales para curar del extraño forastero de piel clara y barba negra y su acompañante de Marruecos, Estebanico\* el Negro. Pueblos enteros se acercaban a ellos para conocerlos y depositaban todas sus riquezas a los pies de los españoles implorando humildemente la curación. Empezó con bastante modestia:

---

\* Estebanico en el orig

...nos quisieron hacer físicos sin examinarnos ni pedirnos los títulos, porque ellos curan las enfermedades soplando al enfermo, y con aquel soplo y las manos echan de él la enfermedad, y mandáronnos que hiciésemos lo mismo y sirviésemos en algo... La manera con que nosotros curamos era santiguándolos y soplarlos, y rezar un *Pater Noster* y un *Ave María*... luego que los santiguamos decían a los otros que estaban sanos y buenos...

Pronto empezaron a curar tullidos. Cabeza de Vaca dice que levantó a un hombre de entre los muertos. Después,

por todo éste camino teníamos muy gran trabajo, por la mucha gente que nos seguía... porque era muy grande la prisa que tenían por llegar a tocarnos; y era tanta la inoportunidad de ellos sobre esto, que pasaban tres horas que no podíamos acabar con ellos que nos dejasen.

Cuando una tribu suplicó a los españoles que no se marcharan. Cabeza de Vaca y sus acompañantes fingieron enojarse. Entonces

sucedió una cosa extraña, y fue que este mismo día adolescieron y otro día siguiente murieron ocho hombres. Por toda la tierra donde esto se supo hobieron tanto miedo de nosotros, que parecía en vernos que de temor habían de morir. Rogáronnos que no estuviésemos enojados, ni quisiésemos que más de ellos muriesen, y tenían por muy cierto que nosotros los matábamos con solamente quererlo.

En 1858 se informó de una aparición de la Virgen María en Lourdes, Francia; la Madre de Dios confirmó el dogma de su concepción inmaculada que había sido proclamado por el papa Pío XI sólo cuatro años antes. Algo así como cien millones de personas han ido desde entonces a Lourdes con la esperanza de curarse, muchas de ellas con enfermedades que la medicina de la época no podía vencer. La Iglesia católica romana rechazó la autenticidad de gran cantidad de las curaciones llamadas milagrosas: sólo aceptó sesenta y cinco en casi un siglo y medio (de tumores, tuberculosis, oftalmítis, impétigo, bronquitis, parálisis y otras enfermedades, pero no, por ejemplo, la regeneración de una extremidad o una columna vertebral partida). De las sesenta y cinco curaciones, hay diez mujeres por cada hombre. Las posibilidades de una curación milagrosa en Lourdes, por tanto, son de una entre un millón; hay tantas posibilidades aproximadas de curarse después de una visita a Lourdes como de ganar la lotería, o de morir en el accidente de un vuelo regular de avión... incluyendo el que va a Lourdes.

La tasa de remisión espontánea de todos los cánceres, agrupados, se estima entre uno por cada diez mil y uno por cada cien mil. Si sólo el cinco por ciento de los que van a Lourdes fueran a tratarse un cáncer, debería de haber entre cincuenta y quinientas curaciones «milagrosas» sólo de cáncer.

Como sólo tres de las sesenta y cinco curaciones atestiguadas son de cáncer, la tasa de remisión espontánea en Lourdes parece ser inferior que si las víctimas se hubieran quedado en casa. Desde luego, si uno se encuentra entre los sesenta y cinco curados, será muy difícil convencerle de que su viaje a Lourdes no fue la causa de la remisión de la enfermedad... *Post hoc, ergo propter hoc*. Algo similar parece ocurrir con los curanderos individuales.

Después de oír hablar a sus pacientes de supuestas curaciones por la fe, un médico de Minnesota llamado William Nolen pasó un año y medio intentando analizar los casos más asombrosos. ¿Había alguna prueba médica de que la enfermedad estuviera realmente presente antes de la «curación»? Si era así, ¿había desaparecido *realmente* después de la curación, o era sólo lo que decían el curandero o el paciente? Descubrió muchos casos de fraude, incluyendo la primera revelación de «cirugía psíquica» de América. Pero no encontró ningún ejemplo de curación de ninguna enfermedad orgánica seria (no psicogénica). No había casos de curación, por ejemplo, de cálculos biliares o artritis reumatoide, mucho menos de cáncer o enfermedades cardiovasculares. Cuando se rompe el bazo de un niño, apuntaba Nolen, la recuperación es completa sometiéndole a una sencilla operación quirúrgica. Pero si se lleva al niño a un curandero muere en un día. La conclusión del doctor Nolen:

Cuando los curanderos tratan enfermedades orgánicas graves son responsables de una angustia e infelicidad inauditas... Los curanderos se convierten en asesinos.

Incluso en un libro reciente que defiende la eficacia de la oración en el tratamiento de la enfermedad (Larry Dossey, *Palabras que curan*) se plantea la preocupación de que algunas enfermedades se curan o alivian más fácilmente que otras. Si la oración funciona, ¿por qué no puede curar Dios un cáncer o hacer que crezca una extremidad perdida? ¿Por qué tanto sufrimiento evitable que Dios podría impedir tan fácilmente? ¿Por qué Dios necesita que se le rece? ¿No sabe ya qué curaciones debe realizar? Dossey también empieza con una cita del doctor Stanley Kripner (descrito como «uno de los investigadores más autorizados de la variedad de métodos de curación heterodoxa que se usan en todo el mundo»):

...los datos de investigación sobre curaciones a distancia, basadas en la oración, son prometedores, pero demasiado dispersos para permitir sacar una conclusión firme.

Eso después de muchos billones de oraciones a lo largo de los milenios.

Como sugiere la experiencia de Cabeza de Vaca, la mente puede *causar* ciertas enfermedades, incluso enfermedades fatales. Cuando se hace

creer a pacientes con los ojos vendados que se les está tocando con una hoja de hiedra o roble venenoso, generan una desagradable dermatitis de contacto roja. La curación por la fe puede ayudar en enfermedades placebo o mediatizadas por la mente: un malestar en espalda y rodillas, dolores de cabeza, tartamudeo, úlceras, estrés, fiebre del heno, asma, parálisis histérica y ceguera, y falso embarazo (con cesación de períodos menstruales e hinchazón abdominal). Hay enfermedades en las que el estado mental puede jugar un papel clave. La mayoría de las curaciones de finales del Medioevo que se asocian con apariciones de la Virgen María eran parálisis súbitas, de poco tiempo, parciales o de todo el cuerpo. Además, se mantenía en general que sólo se podían curar de este modo los creyentes devotos. No es sorprendente que la apelación a un estado mental llamado fe pueda aliviar síntomas causados, al menos en parte, por otro estado mental quizá no muy diferente.

Pero hay algo más: la fiesta lunar de la cosecha es una celebración importante en las comunidades chinas tradicionales de Norteamérica. En la semana precedente a la fiesta, la tasa de mortalidad de la comunidad cae un treinta y cinco por ciento. En la semana siguiente sube el treinta y cinco por ciento. Los grupos de control no chinos no muestran este efecto. Se podría pensar que se debe a los suicidios, pero sólo se cuentan las muertes por causas naturales. Se podría pensar que la causa es el estrés o el exceso de comida, pero eso difícilmente explica la caída de la tasa de mortalidad antes del festival. El mayor efecto se produce en personas con enfermedades cardiovasculares, en las que se conoce la influencia del estrés. El efecto sobre el cáncer era pequeño. En un estudio más detallado resultó que las fluctuaciones de la tasa de mortalidad ocurrían exclusivamente entre mujeres de setenta y cinco años o más: como la fiesta lunar de la cosecha está presidida por las mujeres más ancianas de las casas, eran capaces de postergar la muerte una o dos semanas para ejercer sus responsabilidades ceremoniales. Se encuentra un efecto similar entre los hombres judíos las semanas dedicadas a la Pascua judía —una ceremonia en la que los ancianos desempeñan un papel central— y, de modo parecido, en todo el mundo por cumpleaños, ceremonias de graduación y cosas parecidas.

En un estudio más controvertido, los psiquiatras de la Universidad de Stanford dividieron en dos grupos a ochenta y seis mujeres con metástasis de cáncer de pecho: animaron a un grupo a examinar sus temores ante la muerte y a intervenir en sus vidas mientras el otro no recibía ningún tipo de apoyo psiquiátrico especial. Para sorpresa de los investigadores, el grupo receptor de apoyo no sólo experimentaba menos dolor, sino que también vivía más: un promedio de dieciocho meses más.

El director del estudio de Stanford, David Spiegel, especula que la causa puede ser el cortisol y otras «hormonas del estrés» que perjudican el



sistema inmunoprotector del cuerpo. Las personas gravemente deprimidas, los estudiantes durante períodos de examen y los desahuciados tienen un número reducido de glóbulos blancos. Un buen apoyo emocional quizá no tenga mucho efecto en formas de cáncer avanzadas, pero puede servir para reducir las posibilidades de infecciones secundarias en una persona ya muy debilitada por la enfermedad o su tratamiento.

En un libro casi olvidado de 1903, *Ciencia cristiana*, Mark Twain escribió:

El poder que tiene la imaginación de un hombre sobre su cuerpo para curarlo o enfermarlo es una fuerza de la que no carece ninguno de nosotros al nacer. La tenía el primer hombre y la poseerá el último.

En ocasiones, los curanderos pueden aliviar parte del dolor y la ansiedad, u otros síntomas, de enfermedades más graves, aunque sin detener el progreso de la enfermedad. Pero este beneficio no es poco. La fe y la oración pueden conseguir aliviar algunos síntomas de la enfermedad y su tratamiento, mitigar el sufrimiento de los afligidos e incluso prolongar un poco sus vidas. Al evaluar la religión llamada *Ciencia Cristiana*, Mark Twain—su crítico más severo de la época— aceptaba sin embargo que los cuerpos y vidas que había «sanado» por el poder de la sugestión compensaban de manera más que suficiente los que había matado por eliminar el tratamiento médico en favor de la oración.

Después de la muerte de John F. Kennedy, varios americanos declararon haber contactado con el fantasma del presidente. Se empezaron a declarar curaciones milagrosas ante pequeños altares caseros con su fotografía. «Dio la vida por su pueblo», explicaba un adepto de esta religión nacida muerta. Según la *Enciclopedia de las religiones americanas*: «Para los creyentes, Kennedy es como un dios.» Algo similar puede verse en el fenómeno de Elvis Presley y el sincero grito: «El rey vive.» Si pueden surgir de este modo sistemas de creencia espontáneos, imaginemos lo que podría hacerse con una campaña bien organizada y especialmente carente de discípulos.

---000---

En respuesta a sus preguntas, Randi propuso en el programa «Sixty Minutes» de Australia la idea de generar un engaño desde el principio... utilizando a alguien sin ninguna preparación de magia ni para hablar en público, y sin experiencia de predicador. Mientras pensaba en la organización de la patraña, sus ojos fueron a dar en su inquilino, José Luis Álvarez, un joven escultor de categoría. ¿Por qué no?, respondió Álvarez, que parecía una

persona brillante, animosa y seria. Se sometió a una preparación intensiva, incluyendo ensayos de aparición en televisión y conferencias de prensa. No tenía que pensar las respuestas porque tenía un receptor de radio casi invisible en el oído, a través del que Randi le apuntaba. Los enviados de «Sixty Minutes» comprobaron la actuación de Álvarez. La persona de Carlos era una invención de Álvarez.

Cuando Álvarez y su «manager» —también reclutado para el trabajo sin experiencia previa— llegaron a Sydney, allí estaba James Randi, discreto, sin llamar la atención, susurrando en el transmisor desde un rincón. Toda la documentación explicativa era falsa. La maldición, el vaso de agua y todo lo demás eran para atraer la atención de los medios de comunicación. La atrajeron. Muchas personas habían acudido a la Casa de la Ópera por la atención que le habían prestado la televisión y la prensa. Una cadena de periódicos de Australia llegó a imprimir palabra por palabra los comunicados de la «Fundación Carlos».

Cuando «Sixty Minutes» hizo público el engaño, los demás medios de comunicación australianos se pusieron furiosos. Se quejaban de haber sido utilizados, les habían mentido. «Igual que hay directrices legales sobre el uso de provocadores por parte de la policía», tronaba Peter Robinson en la *Australian Financial Review*,

debe haber un límite al derecho de los medios de comunicación a plantear una situación equívoca... Yo, francamente, no puedo aceptar que decir una mentira sea una manera aceptable de informar de la verdad... Todos los sondeos de la opinión pública muestran que hay una sospecha entre el público general de que los medios de comunicación no dicen toda la verdad o que distorsionan las cosas, exageran, o son tendenciosos.

El señor Robinson temía que Carlos pudiera haber dado crédito a esta extendida percepción errónea. Los titulares iban desde «Cómo Carlos los ridiculizó a todos» hasta «El engaño era estúpido». Los periódicos que no habían anunciado a Carlos a son de trompetas se congratulaban de sus reservas. Negus dijo de «Sixty Minutes»: «Hasta las personas íntegras pueden cometer errores», y negó que se hubiera dejado embaucar. Alguien que se presente como canalizador, dijo, es «un fraude por definición».

«Sixty Minutes» y Randi subrayaron que los medios de comunicación australianos no habían hecho ningún esfuerzo para comprobar la buena fe de «Carlos». No había aparecido nunca en ninguna de las ciudades nombradas. La cinta de vídeo de Carlos en el escenario de un teatro de Nueva York había sido un favor de los magos Penn y Teller, que estaban actuando allí. Se limitaron a pedir al público un gran aplauso; Álvarez entró, con la túnica y el medallón, el público aplaudió sumiso. Randi consiguió su

cinta de vídeo, Alvarez se despidió, el show continuó. Y en Nueva York no existe ninguna emisora de radio llamada WOOP.

Era fácil encontrar otros motivos de sospecha en los escritos de Carlos. Pero como la divisa intelectual ha sido tan devaluada, como la credulidad —antigua y de la Nueva Era— es tan agresiva, como raramente se practica el pensamiento escéptico, no hay ninguna parodia demasiado inverosímil. La Fundación Carlos anunciaba la venta de un «CRISTAL DE LA ATLÁNTIDA» (en realidad se cuidaron escrupulosamente de no vender nada):

El maestro, en sus viajes, ha encontrado hasta ahora cinco de esos cristales únicos. Sin que la ciencia encuentre explicaciones, cada cristal contiene energía casi pura... [y tiene] unos poderes curativos enormes. Las formas contienen energía espiritual fosilizada y son una gran bendición para la preparación de la Tierra para la Nueva Era... De los cinco, el maestro ascendido lleva siempre un cristal de la Atlántida cerca de su cuerpo para protegerse y potenciar todas las actividades espirituales. Dos de ellos han sido adquiridos por bondadosos seguidores en Estados Unidos a cambio de la contribución sustancial que requiere el maestro ascendido.

O, bajo el titular: «LAS AGUAS DE CARLOS»:

El maestro ascendido encuentra de vez en cuando agua de tal pureza que emprende la energización de una cantidad de ella para beneficio de los demás, un proceso intensivo. Para producir lo que siempre es poco, el maestro ascendido se purifica él mismo y una cantidad de cristal de cuarzo puro moldeado en frascos. A continuación se coloca él mismo y los cristales en un gran cuenco de cobre, pulido y caliente. Durante un período de veinticuatro horas, el maestro ascendido vierte energía en el depósito espiritual del agua... No hace falta sacar el agua del frasco para utilizarla espiritualmente. Sólo sostener el frasco y concentrarse en curar una herida o enfermedad producirá resultados asombrosos. Sin embargo, si le sucede un infortunio serio a usted o a un ser cercano, unas gotas del agua energizada le ayudarán inmediatamente a la recuperación.

O «LÁGRIMAS DE CARLOS»:

El color rojo de los frascos que ha modelado el maestro ascendido para las lágrimas es prueba suficiente de su poder, pero su emoción [sic] durante la meditación ha sido descrita por los que la han experimentado como «gloriosa unicidad».

También hay un librito. *Las enseñanzas de Carlos*, que empieza:

YO SOY CARLOS

HE LLEGADO HASTA TI  
A TRAVÉS DE MUCHAS  
ENCARNACIONES PASADAS.

TENGO UNA GRAN LECCIÓN  
PARA ENSEÑARTE.

ESCUCHA ATENTAMENTE.

LEE ATENTAMENTE.

PIENSA ATENTAMENTE.

LA VERDAD ESTÁ AQUÍ.

La primera enseñanza es una pregunta: ¿Por qué estamos aquí?... La respuesta: *«¿Quién puede decir cuál es la única respuesta? Hay muchas respuestas a cualquier pregunta y todas las respuestas son correctas. Es así. ¿Lo ve?»*

El libro nos conmina a no pasar a la página siguiente hasta que hayamos entendido la página en la que estamos. Éste es uno de los muchos factores que dificultan terminarlo.

«De los que dudan —revela más adelante— sólo puedo decir esto: pueden tomar de este asunto lo que quieran. Terminan sin nada: un puñado de aire, quizá. ¿Y qué tiene el creyente? ¡TODO! Todas las preguntas contestadas, porque todas y cada una de las respuestas son correctas. ¡Y son buenas respuestas! Discute esto, escéptico.»

O: «No pidamos explicaciones de todo. Los occidentales, en particular, siempre estamos pidiendo descripciones prolijas de por qué esto, por qué aquello. La mayoría de lo que se pregunta es obvio. ¿Por qué ocuparse en examinar esas materias?... La fe hace que todo se convierta en verdad.»

La última página del libro expone una sola palabra en grandes letras: se nos exhorta a «¡PENSAR!».

Todo el texto de *Las enseñanzas de Carlos* fue escrito por Randi. Lo redactaron Álvarez y él precipitadamente en pocas horas en un ordenador portátil.

Los medios de comunicación australianos se sintieron traicionados por uno de los suyos. El principal programa de televisión del país se tomó la molestia de poner en evidencia la mala calidad del nivel de comprobación de datos y la extendida credulidad de las instituciones dedicadas a las noticias y asuntos públicos. Algunos analistas de los medios de comunicación lo excusaron basándose en que era obvio que el tema no era importante; de haberlo sido, lo habrían comprobado. Se entonaron unos cuantos mea culpa. Ninguno de los que habían sido engañados quiso aparecer en un programa retrospectivo sobre el «Asunto Carlos» programado para el domingo siguiente en «Sixty Minutes».

Desde luego, todo eso no implica que Australia sea algo especial. Álvarez, Randi y sus colegas-conspiradores podían haber elegido cualquier nación en la Tierra y no hubiera cambiado nada. Los que concedieron una audiencia nacional de televisión a Carlos incluso sabían lo suficiente para hacer algunas preguntas escépticas... pero no se pudieron resistir a invitarlo. La lucha de aniquilación mutua de los medios de comunicación dominó los titulares tras la partida de Carlos. Se escribieron comentarios confusos sobre el asunto. ¿Cuál era el objetivo? ¿Qué se había demostrado?

Álvarez y Randi demostraron lo poco que cuesta desnaturalizar nuestras creencias, lo dispuestos que estamos a dejarnos llevar, lo fácil que es engañar al público cuando la gente se encuentra sola y anhela creer en algo. Si Carlos se hubiera quedado más tiempo en Australia y se hubiera concentrado más en la curación —a través de la oración, de la fe en él, expresando deseos ante sus lágrimas embotelladas, acariciando sus cristales—, es indudable que hubieran aparecido personas curadas gracias a él de muchas enfermedades, especialmente psicogénicas. Incluso si lo único fraudulento hubiera sido su aspecto, dichos y productos anexos, algunos habrían mejorado gracias a Carlos.

Eso, nuevamente, es el efecto placebo que se encuentra en casi todos los curanderos. Creemos que tomamos una medicina potente y desaparece el dolor, al menos por un tiempo. Y cuando creemos que hemos recibido una cura espiritual poderosa, a veces la enfermedad también desaparece, al menos durante un tiempo. Hay gente que anuncia espontáneamente que ha sido curada aunque no sea así. En los detallados seguimientos que hicieron Nolen, Randi y muchos otros de personas a quien se había dicho que estaban curadas y así lo manifestaban ellas —por ejemplo, en servicios televisados de curanderos— no pudieron encontrar ni una que se hubiera curado realmente de una enfermedad orgánica grave. Incluso la mejora significativa de su

estado era dudosa. Como sugiere la experiencia de Lourdes, quizá deberían revisarse de diez mil a un millón de casos para encontrar una verdadera recuperación asombrosa.

Un curandero puede empezar o no con el fraude en mente. Pero, para su sorpresa, resulta que sus pacientes parecen mejorar de verdad. Sus emociones son genuinas, su gratitud sincera. Cuando se critica al curandero, ellos salen en su defensa. Varios de los asistentes de más edad a la canalización de la Casa de la Opera de Sydney montaron en cólera por la revelación de «Sixty Minutes»: «Da igual lo que diga —le decían a Álvarez—, nosotros creemos en ti.»

Esos éxitos pueden ser suficientes para convencer a muchos charlatanes —por muy cínicos que sean al principio— de que realmente *tienen* poderes místicos. Quizá no tienen éxito todas las veces. Los poderes vienen y van, se dicen a sí mismos. Tienen que disimular los momentos bajos. Si es necesario engañar un poco en algún momento, se dicen a sí mismos que sirven a un propósito más alto. Prueban su discurso con el consumidor. Funciona.

La mayoría de estas figuras sólo van detrás de nuestro dinero. Ésta es la parte buena. Pero lo que me preocupa es que aparezca un Carlos con asuntos más importantes en juego... un hombre atractivo, dominante, patriótico y rebosando liderazgo. Todos anhelamos un líder competente, incorrupto y carismático. Nos aferraremos a la oportunidad de apoyarle, creer en él, sentimos bien. La mayoría de los informadores, editores y productores —arrastrados por el resto de nosotros— huirán del examen escéptico real. Él no nos venderá oraciones, cristales o lágrimas. Quizá nos venda una guerra, un chivo expiatorio o un ramillete de creencias más globales que Carlos. Sea lo que sea, irá acompañado de advertencias sobre los peligros del escepticismo.

En la celebrada película *El Mago de Oz*, Dorothy, el espantapájaros, el leñador de hojalata y el león cobarde se ven intimidados —en realidad atemorizados— por la figura oracular de gran talla llamada el Gran Oz. Pero el pequeño perro de Dorothy, Toto, descubre una cortina que lo oculta y revela que el Gran Oz es en realidad una máquina dirigida por un hombre bajo, rechoncho y asustado, tan exiliado como ellos en aquella tierra extraña.

Creo que es una suerte que James Randi descorra la cortina. Pero sería tan peligroso confiarle a él el desenmascaramiento de todos los matasanos, farsantes y tonterías del mundo como creer a esos mismos charlatanes. Si no queremos que nos engañen, debemos ocuparnos de ello nosotros mismos.

Una de las lecciones más tristes de la historia es ésta: si se está sometido a un engaño demasiado tiempo, se tiende a rechazar cualquier prueba de que es un engaño. Encontrar la verdad deja de interesarnos. El engaño nos ha engullido. Simplemente, es demasiado doloroso reconocer, incluso ante nosotros mismos, que hemos caído en el engaño. En cuanto se da poder a un charlatán sobre uno mismo, casi nunca se puede recuperar. Así, los antiguos engaños tienden a persistir cuando surgen los nuevos.

Las sesiones de espiritismo sólo se practican en habitaciones en penumbra donde es muy difícil ver a los visitantes fantasmagóricos. Si encendemos la luz y, en consecuencia, tenemos la oportunidad de ver lo que ocurre, los espíritus desaparecen. Se nos dice que son tímidos, y algunos de nosotros lo creemos. En los laboratorios de parapsicología del siglo XX, existe el «efecto observador»: personas descritas como psíquicos dotados encuentran que sus poderes disminuyen claramente siempre que aparecen los escépticos, y desaparecen del todo en presencia de un prestidigitador preparado como James Randi. Lo que necesitan es oscuridad y credulidad.

Una niña pequeña que había colaborado en un famoso engaño del siglo XIX —se comunicaba con los espíritus y los fantasmas respondían las preguntas con fuertes golpes— confesó al hacerse mayor que había sido una impostura. Hacía crujir la articulación del dedo gordo del pie. Demostró cómo lo hacía. Pero la disculpa pública prácticamente se ignoró y, cuando se reconocía, se denunciaba. Los golpecitos que daba el espíritu eran demasiado tranquilizadores para abandonarlos porque una persona confesase que aquello era falso, aunque fuera ella misma la que lo hubiera iniciado. Empezó a circular la historia de que los racionalistas fanáticos la habían obligado a hacer aquella confesión.

Como describí antes, los bromistas británicos confesaron haber hecho «círculos en los campos de cultivo», figuras geométricas que aparecían en los sembrados. No eran artistas extraterrestres que trabajaban con el trigo como si fuera su medio, sino dos hombres con una tabla, una cuerda y cierta propensión a bromear. Sin embargo, ni siquiera cuando confesaron cómo lo habían hecho cambió la opinión de los creyentes. Argüían que podía ser que algunos círculos fueran un fraude, pero había demasiados, y algunos pictogramas eran demasiado complejos. Sólo los podían haber hecho los extraterrestres. Poco después, en Gran Bretaña, otros confesaron ser los autores. Pero, y los círculos en los campos de cultivo en el extranjero, en Hungría por ejemplo, ¿cómo puede explicarse *eso*? Entonces unos adolescentes húngaros confesaron haber copiado la idea. Pero, ¿y...?

Para comprobar la credulidad de un psiquiatra especialista en abducciones por extraterrestres, una mujer se presenta como abducida. El terapeuta está entusiasmado con las fantasías que va hilando. Pero, cuando

ella le anuncia que todo es un fraude, ¿cuál es su respuesta? ¿Volver a examinar sus notas o su enfoque de esos casos? No. En días distintos sugiere: 1) que, aunque no sea consciente, en realidad fue abducida; o 2) que está loca: al fin y al cabo, fue al psiquiatra, ¿no?; o 3) que él era consciente de la broma desde el principio pero se había limitado a ir soltando cuerda hasta que ella se ahogase.

Si a veces es más fácil rechazar una prueba consistente que admitir que nos hemos equivocado, es una información sobre nosotros mismos que vale la pena tener.

---000---

Un científico pone un anuncio en un periódico de París ofreciendo un horóscopo gratis. Recibe unas ciento cincuenta respuestas en las que se detalla, como pedía, el lugar y fecha de nacimiento. Todos los participantes reciben a continuación un horóscopo idéntico, junto con un cuestionario donde se les pregunta sobre la precisión de las afirmaciones. El noventa y cuatro por ciento de los que contestan (y el noventa por ciento de sus familias y amigos) contestan que, cuando menos, podían reconocerse en el horóscopo. Sin embargo se trataba de un horóscopo redactado para un asesino en serie francés. Si un astrólogo puede llegar tan lejos sin conocer siquiera a sus pacientes, imaginemos adonde podría llegar alguien sensible a los matices humanos y no excesivamente escrupuloso.

¿Por qué es tan fácil que nos engañen adivinos, videntes psíquicos, quirománticos, lectores de hojas de té, del tarot y milenrama, y seres de esta índole? Desde luego, captan nuestra postura, nuestras expresiones faciales, la manera de vestir y las respuestas a preguntas aparentemente inocuas. Algunos de ellos lo hacen con brillantez, y éstas son cosas de las que muchos científicos no parecen ser conscientes. También hay una red informática a la que se suscriben los psíquicos «profesionales», con la que pueden disponer de los detalles de la vida de los pacientes de sus colegas en un instante. Una herramienta clave es la llamada «lectura fría», una declaración de predisposiciones opuestas con un equilibrio tan tenue que cualquiera podría reconocer algo de verdad en ella. Ahí va un ejemplo:

A veces eres extrovertido, afable, sociable, mientras otras veces eres introvertido, cauto y reservado. Has descubierto que es poco inteligente revelarte a los demás con demasiada honestidad. Prefieres un poco de cambio y variedad, y te produce insatisfacción verte rodeado de restricciones y limitaciones. Disciplinado y controlado por fuera, tiendes a ser aprensivo e inseguro por dentro. Aunque tu personalidad tiene puntos flacos, sueles ser capaz de compensarlos. Tienes muchas capacidades sin aprovechar, que no



has convertido en ventajas para ti. Tienes tendencia a ser crítico contigo mismo. Tienes una gran necesidad de gustar a los demás y de sentirte admirado.

Casi todo el mundo encuentra reconocible esta caracterización y muchos consideran que los describe perfectamente. No es raro: todos somos humanos.

La lista de «pruebas» que algunos terapeutas creen que demuestran un abuso sexual en la infancia reprimido (por ejemplo, en *The Courage to Heal* de Ellen Bass y Laura Davis) es muy larga y prosaica: incluye trastornos del sueño, exceso de comida, anorexia y bulimia, disfunción sexual, vaga ansiedad e incluso una incapacidad de recordar el abuso sexual de la infancia. Otro libro, de la asistenta social W. Sue Blume, enumera entre otras señales que denotan un incesto olvidado: dolores de cabeza, sospecha o ausencia de sospecha, pasión sexual excesiva o ausencia de ella, y la adoración a los padres. Entre los puntos de diagnóstico para detectar familias «disfuncionales» enumerados por el doctor Charles Whitfield se encuentran «males y dolores», sentirse «más vivo» en una crisis, ansiar «figuras de autoridad» y haber «buscado asesoramiento o psicoterapia», sintiendo sin embargo «que hay algo erróneo o que falta». Como la lectura fría, si la lista es lo bastante larga y amplia, todo el mundo tendrá «síntomas».

El examen escéptico no es sólo un equipo de herramientas para desarraigar las tonterías y crueldades que buscan sus víctimas entre las personas menos capaces de protegerse a sí mismas y con mayor necesidad de nuestra compasión, gente a la que se ofrece poca esperanza. También es un recordatorio oportuno de que los mítines masivos, la radio y la televisión, los medios de comunicación impresos, el márketing electrónico y la tecnología de la venta por correo permiten que se inyecte otro tipo de mentiras en el cuerpo social para aprovecharse de los incautos, frustrados e indefensos en una sociedad plagada de males políticos que se afrontan con ineficacia, si es que se afrontan.

Los camelos, engaños, ideas poco precisas, tonterías y deseos disfrazados de hechos no están restringidos al salón de magia y al consejo ambiguo en asuntos del corazón. Lamentablemente, abundan en la vida política, social, religiosa y económica de todas las naciones.



## CAPÍTULO 14

# ANTICIENCIA

No existe algo llamado verdad objetiva. Nosotros mismos hacemos nuestra propia verdad. No existe una realidad objetiva. Nosotros hacemos nuestra propia realidad. Hay caminos de conocimiento espiritual, místico o interior que son superiores a nuestros caminos de conocimiento ordinarios. Si una experiencia parece real, lo es. Si una idea parece correcta, lo es. Somos incapaces de adquirir conocimiento de la verdadera naturaleza de la realidad. La propia ciencia es irracional o mística. No es más que otra fe o sistema de creencia o mito, sin más justificación que cualquier otra. No importa que las creencias sean ciertas o no, siempre que sean significativas para uno.

Un resumen de creencias de la Nueva Era,  
de THEODORE SHICK, Jr.,  
y LEWIS VAUGHN,  
*How to Think About Weird Things:  
Critical Thinking for a New Age*  
(Mountain View, CA;  
Mayfield Publishing Company, 1995)

Si el marco de trabajo establecido de la ciencia es plausiblemente erróneo (o arbitrario, irrelevante, poco patriótico, impío o sirve principalmente los intereses de los poderosos), entonces quizá nos podemos ahorrar el problema de entender lo que tanta gente considera un cuerpo de conocimiento complejo, difícil, altamente matemático y antiintuitivo. Así los científicos tendrían su merecido. Se podría superar la envidia de la ciencia. Los que han recorrido otros caminos hacia el conocimiento, los que secretamente han abrigado creencias que la ciencia ha desdeñado, podrían tener ahora su lugar bajo el sol.

El ritmo acelerado de cambios en la ciencia es responsable en parte del ardor que provoca. Justo cuando empezamos a entender algo de lo que hablan los científicos, nos dicen que ha dejado de ser verdad. Y, aunque lo sea, las cosas que sostienen haber descubierto recientemente —cosas que nunca hemos oído, difíciles de creer, con implicaciones inquietantes— han tomado ya un nuevo giro. Se puede percibir a los científicos como si se dedicaran a jugar con nosotros, a ponerlo todo patas arriba, como si fueran socialmente peligrosos.

Edward U. Condon era un distinguido físico estadounidense, pionero de la mecánica cuántica, que participó en el desarrollo del radar y las armas nucleares en la segunda guerra mundial, director de investigación de Corning Glass, director del Comité Nacional de Estándares y presidente de la Sociedad Física Americana (además a. de profesor de física en la Universidad de Colorado en los últimos tiempos, donde dirigió un controvertido estudio científico sobre los ovnis patrocinado por las Fuerzas Aéreas). Fue uno de los físicos cuya lealtad a Estados Unidos fue denunciada por miembros del Congreso —incluyendo al congresista Richard M. Nixon, que pidió la revocación de su acreditación de seguridad— a finales de la década de los cuarenta y principios de los cincuenta. El superpatriótico presidente del Comité de Actividades Antiamericanas, el diputado J. Parnell Thomas, dijo que el físico «doctor Condon» era el «eslabón más débil» en la seguridad

americana y —en cierto momento— el «eslabón perdido». Su punto de vista sobre las garantías constitucionales puede espigarse en la siguiente respuesta al abogado de un testigo: «Los derechos que usted tiene son los que le concede este comité. Determinaremos qué derechos tiene y qué derechos no tiene ante el comité.»

Albert Einstein pidió públicamente a todos los convocados ante el comité que se negaran a cooperar. En 1948, el presidente Harry Truman —en el encuentro anual de la Asociación Americana para el Avance de la Ciencia, y con Condon sentado a su lado— denunció al diputado Thomas y al Comité de Actividades Antiamericanas porque «mediante la creación de un ambiente en el que nadie se siente seguro contra la publicación de rumores infundados, cotilleos y denigraciones» puede hacerse imposible la investigación científica vital. Calificó las actividades del comité de «lo más antiamericano a lo que debemos enfrentarnos hoy en día. Es el clima de un país totalitario.»<sup>28</sup>

El dramaturgo Arthur Miller escribió *El crisol* sobre los juicios de las brujas de Salem en este período. Cuando la obra se estrenó en Europa, el Departamento de Estado le negó el pasaporte con la razón de que su viaje al extranjero no era en el mejor interés de Estados Unidos. La noche del estreno en Bruselas, la obra fue recibida con un aplauso tumultuoso ante el que el embajador de Estados Unidos se levantó e hizo una reverencia. Miller fue convocado por el Comité de Actividades Antiamericanas y amonestado por su sugerencia de que las investigaciones del Congreso podían tener algo en común con las cazas de brujas; él contestó: «La comparación es inevitable, señor.» Thomas fue encarcelado poco después por fraude.

Durante un verano fui alumno de Condon en la universidad. Recuerdo vividamente su relato de la convocatoria ante el comité para evaluar su lealtad:

«Doctor Condon, aquí dice que usted ha estado a la cabeza de un movimiento revolucionario en física llamado —y aquí el inquisidor leyó las palabras lenta y cuidadosamente— mecánica cuántica. Este comité opina que si usted pudo ponerse al frente de un movimiento revolucionario... también podría estar al frente de otro.»

Condón, levantándose de inmediato, replicó que la acusación no era cierta. Él no era un revolucionario en física. Levantó la mano derecha: «Creo en el principio de Arquímedes, que se formuló en el siglo II antes de Cristo, y

---

<sup>28</sup> Sin embargo es considerable la responsabilidad de Truman en el ambiente de caza de brujas de finales de la década de los cuarenta y principios de los cincuenta. Su Orden Ejecutiva 9835 de 1947 autorizó la investigación de las opiniones y compañías de todos los empleados federales, sin derecho a replicar al acusador o incluso, en la mayoría de los casos, conocer el contenido de la acusación. Se despidió a todos los que se halló en falta. Su fiscal general, Tom Clark, estableció una lista de organizaciones «subversivas» tan larga que en un momento dado llegó a incluir la Unión de Consumidores.

creo en las leyes del movimiento planetario de Kepler descubiertas en el siglo XVII. Creo en las leyes de Newton...» Y así siguió, invocando los nombres ilustres de Bernoulli, Fourier, Ampère, Boitzzmann y Maxwell. Este catecismo del físico no le ayudó mucho. El tribunal no era capaz de valorar el humor en un asunto tan serio. Pero lo máximo que pudieron achacarle a Condon, por lo que recuerdo, era que de joven había repartido periódicos socialistas de puerta en puerta con su bicicleta.

---000---

Imagine que usted quiere saber seriamente de qué va la mecánica cuántica. Primero tiene que adquirir una base matemática, en la que el dominio de cada disciplina matemática le lleva al umbral de la siguiente. A su vez, debe aprender aritmética, geometría euclidiana, álgebra superior, cálculo diferencial e integral, ecuaciones diferenciales ordinarias y parciales, cálculo vectorial, ciertas funciones especiales de física matemática, álgebra matricial y teoría de grupos. A la mayoría de los estudiantes de física, eso les podría ocupar por ejemplo desde el tercer grado hasta los primeros años de universidad... unos quince años aproximadamente. Con todo este programa de estudio no se consigue aprender realmente la mecánica cuántica, sino sólo establecer el marco matemático que se requiere para hacer una aproximación en profundidad.

La tarea del divulgador científico para intentar transmitir una idea de mecánica cuántica a un público general que no ha pasado por esos ritos de iniciación es intimidatoria. Ciertamente, en mi opinión, ninguna popularización de la mecánica cuántica ha tenido éxito nunca, en parte por esta razón. Estas complejidades matemáticas se ven agravadas por el hecho de tratarse de una teoría tan resueltamente antiintuitiva. El sentido común es casi inútil para aproximarse a ella. No sirve preguntarse por qué *es* así, dijo en una ocasión Richard Feynman. Nadie sabe por qué es así. Es como es.

Ahora supongamos que quisiéramos aproximarnos con escepticismo a alguna religión oscura, doctrina de la Nueva Era o sistema chamanista de creencias. Tenemos la mente abierta, entendemos que aquí hay algo interesante, nos presentamos al practicante y le pedimos un resumen inteligible. En lugar de eso, nos dice que es demasiado difícil intrínsecamente para explicarlo con sencillez, que está lleno de «misterios», pero si estamos dispuestos a convertirnos en acólitos durante quince años, al final de este tiempo podríamos empezar a estar preparados para abordar el tema seriamente. Creo que la mayoría de nosotros diríamos que no tenemos tiempo, y muchos sospecharían que dedicar quince años para llegar sólo al umbral de una comprensión es prueba de que todo el asunto es puro camelo:

si es demasiado difícil para que lo entendamos, ¿no se deriva de ello que también lo es para que lo critiquemos con conocimiento? Entonces el camelo tiene vía libre.

O sea, ¿en qué se diferencia la doctrina chamanista o teológica de la Nueva Era de la mecánica cuántica? La respuesta es que, aunque no podamos entenderla, podemos verificar que la mecánica cuántica funciona. Podemos comparar las predicciones cuantitativas de la teoría cuántica con las longitudes de onda de líneas espectrales de los elementos químicos, el comportamiento de los semiconductores y el helio líquido, los microprocesadores, qué tipos de molécula se forman a partir de sus átomos constituyentes, la existencia y propiedades de estrellas enanas blancas, qué pasa con los máseres y los rayos láser y qué materiales son susceptibles de qué tipos de magnetismo. No tenemos que ser físicos consumados para ver lo que revelan los experimentos. En cada uno de esos casos —como en muchos otros— las predicciones de la mecánica cuántica son asombrosas y se confirman con gran precisión.

Pero el chamán nos dice que su doctrina es verdadera porque también funciona, no en asuntos arcanos de física matemática sino en lo que realmente cuenta: puede curar a las personas. Muy bien, entonces reunamos la estadística de curaciones chamanistas y veamos si funcionan mejor que los placebos. Si es así, concedamos de buen grado que hay algo: aunque sólo sea que algunas enfermedades son psicogénicas y pueden ser curadas o aliviadas con actitudes y estados mentales adecuados. También podemos comparar la eficacia de sistemas chamanista alternativos.

Que el chamán entienda por qué funcionan sus curaciones es otra historia. En la mecánica cuántica tenemos una comprensión implícita de la naturaleza sobre cuya base, paso a paso y cuantitativamente, hacemos predicciones sobre lo que ocurrirá si se lleva a cabo un experimento determinado no intentado antes. Si el experimento confirma la predicción —especialmente si lo hace numéricamente y con precisión—, ganamos la confianza de saber lo que hacemos. Hay pocos ejemplos que tengan este carácter entre los chamanes, curas y gurús de la Nueva Era.

Morris Cohén, un célebre filósofo de la ciencia, sugirió otra distinción importante en su libro de 1931, *Razón y Naturaleza*:

Desde luego, la inmensa mayoría de las personas no preparadas pueden aceptar los resultados de la ciencia sólo por su autoridad. Pero hay una importante diferencia obvia entre una institución que es abierta e invita a todo el mundo a entrar, estudiar sus métodos y sugerir mejoras, y otra que considera que el cuestionamiento de sus credenciales se debe a maldad de corazón, como la que [el cardenal] Newman atribuía a los que cuestionaban la infalibilidad de la Biblia... La ciencia racional siempre considera que sus



créditos son redimibles a petición, mientras que el autoritarismo no racional considera la petición de redención de sus valores como una falta de fe y de lealtad.

Los mitos y el folclore de muchas culturas premodernas tienen un valor explicativo o al menos mnemónico. En historias que todo el mundo puede valorar e incluso testificar, codifican el entorno. Se puede recordar qué constelaciones aparecen un día determinado del año o la orientación de la Vía Láctea por medio de una historia de amantes que se reúnen o una canoa que avanza por el río sagrado. Como el reconocimiento del cielo es esencial para plantar y cosechar y seguir el rastro de los animales, estas historias tienen un importante valor práctico. También pueden ser útiles como pruebas psicológicas proyectivas o como confirmaciones del lugar de la humanidad en el universo. Pero eso no significa que la Vía Láctea sea realmente un río o que la atravesase una canoa ante nuestros ojos.

La quinina procede de una infusión de la corteza de un árbol particular de la selva amazónica. ¿Cómo descubrió un pueblo premoderno que un té hecho precisamente de este árbol, con todas las plantas que hay en la selva, aliviaría los síntomas de la malaria? Debieron de probar todos los árboles y las plantas —raíces, tallos, corteza, hojas— masticadas, machacadas y en infusión. Eso constituye un conjunto inmenso de experimentos científicos durante generaciones: experimentos que además hoy no podrían realizarse por razones de ética médica. Pensemos en la cantidad de infusiones de cortezas de otros árboles que debían de ser inútiles o que provocaron náuseas al paciente o incluso la muerte. En un caso así, el sanador borra de la lista estas medicinas potenciales y pasa a la próxima. Los datos de etnofarmacología quizá no se adquieran sistemáticamente, ni siquiera conscientemente. Sin embargo, por ensayo y error, y recordando cuidadosamente lo que funcionaba, a la larga llegan a la meta: utilizando la riqueza molecular del reino vegetal para acumular una farmacopea que funciona. Se puede adquirir información absolutamente esencial, que puede salvar la vida, a partir exclusivamente de la medicina popular. Deberíamos hacer mucho más de lo que hacemos para extraer los tesoros de este conocimiento popular mundial.

Lo mismo sucede, por ejemplo, con la predicción del tiempo en un valle cercano al Orinoco: es perfectamente posible que pueblos preindustriales hayan captado durante milenios regularidades, indicaciones premonitorias, relaciones de causa y efecto en una geografía local particular ignorada por completo por los profesores de meteorología y climatología de una universidad distante. Pero de eso no se deriva que los chamanes de estas culturas puedan predecir el tiempo en París o en Tokyo, y menos todavía el clima global.

Ciertos tipos de conocimiento popular son válidos e inestimables. Otros, en el mejor de los casos, son metáforas y codificadores. La etnomedicina, sí; la astrofísica, no. Ciertamente, es verdad que todas las creencias y todos los mitos son merecedores de respeto. No es cierto que todas las creencias populares sean igualmente válidas... si hablamos no de una disposición mental interna sino de entender la realidad externa.

---000---

Durante siglos, la ciencia ha estado sometida a una línea de ataque que podría llamarse, más que pseudociencia, anticiencia. Actualmente se opina que la ciencia, y el estudio académico en general, es demasiado subjetiva. Algunos incluso alegan que es totalmente subjetiva, como, dicen, lo es la historia. La historia suelen escribirla los vencedores para justificar sus acciones, para alentar el fervor patriótico y para suprimir las reclamaciones legítimas de los vencidos. Cuando no hay una victoria abrumadora, cada lado escribe el relato que le favorece sobre lo que *realmente* ocurrió. Las historias inglesas castigaban a los franceses, y viceversa; las historias de Estados Unidos hasta hace muy poco ignoraban las políticas de facto de *Lebensraum* (espacio vital) y genocidio hacia los nativos americanos; las historias japonesas de los acontecimientos que llevaron a la segunda guerra mundial minimizan las atrocidades japonesas y sugieren que su principal objetivo era liberar de manera altruista al este de Asia del colonialismo europeo y americano; Polonia fue invadida en 1939 porque, según aseveraban los historiadores nazis, había atacado despiadadamente y sin mediar provocación a Alemania; los historiadores soviéticos decían que las tropas soviéticas que reprimieron las revoluciones húngara (1956) y checa (1968) habían sido invitadas por aclamación popular en las naciones invadidas y no enviadas por sus secuaces rusos; las historias belgas tienden a desvirtuar las atrocidades cometidas cuando el Congo era un feudo privado del rey de Bélgica; las historias chinas ignoran curiosamente las decenas de millones de muertes causadas por el «gran salto adelante» de Mao Zedong; que Dios condona e incluso defiende la esclavitud se afirmó miles de veces desde el pulpito y en las escuelas de las sociedades esclavistas cristianas, pero los estados cristianos que liberaron a sus esclavos guardan completo silencio sobre el tema; un historiador tan brillante, culto y sobrio como Edward Gibbon se negó a saludar a Benjamín Franklin cuando se encontraron en un hotel del campo inglés... por las recientes contrariedades de la revolución americana. (Franklin le ofreció material de primera mano a Gibbon cuando éste pasó, como Franklin estaba seguro que haría, de la decadencia y ruina del Imperio

romano a la decadencia y ruina del Imperio británico. Franklin tenía razón sobre el Imperio británico, pero llevaba dos siglos de adelanto.)

Tradicionalmente, estas historias las han escrito historiadores académicos admirados, a menudo puntales del poder establecido. La disensión local queda despachada en un instante. Se sacrifica la objetividad al servicio de objetivos más altos. A partir de este lamentable hecho, algunos han llegado al extremo de concluir que no existe lo que se llama historia, que no hay posibilidad de reconstruir los acontecimientos reales; que todo lo que tenemos son auto-justificaciones tendenciosas, y que esta conclusión se amplía de la historia a todo conocimiento, incluida la ciencia.

Y, sin embargo, ¿quién podría negar que hay secuencias reales de hechos históricos, con hilos causales reales, aunque nuestra capacidad de reconstruirlos en su totalidad sea limitada, aunque la señal esté perdida en un estruendoso océano de autocomplacencia? El peligro de la subjetividad y el prejuicio ha estado claro desde el principio de la historia. Tucídides advertía contra él. Cicerón escribió:

La primera ley es que el historiador no debe osar jamás escribir lo que es falso; la segunda, que no osará jamás ocultar la verdad; la tercera, que no debe haber sospecha en su obra de favoritismo o prejuicio.

Luciano de Samosata, *en Cómo debería escribirse la historia*, publicado en el año 170, decía que «el historiador debe ser intrépido e incorruptible; un hombre de independencia, que ame la franqueza y la verdad».

La responsabilidad de los historiadores íntegros es intentar reconstruir la secuencia real de acontecimientos, por muy decepcionantes y alarmantes que puedan ser. Los historiadores aprenden a suprimir su indignación natural por las afrentas contra sus naciones y reconocen, cuando corresponde, que sus líderes nacionales pueden haber cometido crímenes atroces. Quizá un gaje del oficio sea tener que esquivar a los patriotas agraviados. Son conscientes de que los relatos de los acontecimientos han pasado por filtros humanos sesgados y que los propios historiadores tienen desviaciones. Los que quieren saber lo que ocurrió realmente, deberán familiarizarse totalmente con los puntos de vista de los historiadores de otras naciones, antes adversarias. Lo máximo que se puede esperar es una serie de aproximaciones sucesivas: paso a paso, profundizando en el conocimiento de nosotros mismos, mejora la comprensión de los acontecimientos históricos.

Algo similar ocurre en la ciencia. Tenemos sesgos, respiramos como todo el mundo los prejuicios que imperan en nuestro entorno. A veces, los científicos han dado apoyo y sustento a doctrinas nocivas (incluyendo la

supuesta «superioridad» de un grupo étnico o género sobre otro a partir de las medidas del cerebro, las protuberancias del cráneo o los tests de coeficiente intelectual). Los científicos suelen resistirse a ofender a los ricos y poderosos. De vez en cuando, uno de ellos engaña y roba. Algunos —muchos sin rastro de pesar moral— trabajaron para los nazis. También exhiben tendencias relacionadas con los chauvinismos humanos y con nuestras limitaciones intelectuales. Como he comentado antes, los científicos también son responsables de tecnologías mortales: a veces las inventan a propósito, a veces por no mostrar la suficiente cautela ante efectos secundarios no previstos. Pero también son los científicos los que, en la mayoría de estos casos, nos han advertido del peligro.

Los científicos cometen errores. En consecuencia, la tarea del científico es reconocer nuestras debilidades, examinar el abanico más amplio de opiniones, ser implacablemente autocrítico. La ciencia es una empresa colectiva con un mecanismo de corrección de errores que suele funcionar con suavidad. Tiene una ventaja abrumadora sobre la historia, porque en ciencia podemos hacer experimentos. Si uno no está seguro de cómo fueron las negociaciones que llevaron al Tratado de París en 1814-1815, no tiene la opción de volver a representar los acontecimientos. Sólo puede bucear en registros antiguos. Ni siquiera puede hacer preguntas a los participantes. Todos han muerto.

Pero, en muchas cuestiones de la ciencia, se puede volver a repetir el hecho todas las veces que se quiera, examinarlo de una manera nueva, comprobar una amplia serie de hipótesis alternativas. Cuando se inventan nuevas herramientas se puede volver a hacer el experimento para ver qué surge de la mejora de la sensibilidad. En las ciencias históricas en que no se puede disponer una repetición, se pueden examinar casos relacionados y empezar a reconocer sus componentes comunes. No podemos hacer que las estrellas exploten a nuestra conveniencia ni podemos desarrollar un mamífero desde sus ancestros a base de pruebas. Pero podemos simular parte de la física de explosiones de supernovas en el laboratorio, y podemos comparar en detalle, paso a paso, las instrucciones genéticas de mamíferos y reptiles.

También se denuncia que la ciencia es tan arbitraria e irracional como todas las demás declaraciones de conocimiento, o que la propia razón es una ilusión. El revolucionario americano Ethan Allen —líder de los Green Mountain Boys en la captura del Fort Ticonderoga— dijo algunas palabras sobre el tema:

Los que invalidan la razón deberían considerar seriamente si discuten contra la razón con o sin ella; si es con razón, entonces están estableciendo el mismo principio que se afanan por destronar; pero, si discuten sin razón (lo que, a fin

de ser coherentes con ellos mismos deben hacer), están fuera del alcance de la convicción racional y tampoco merecen una discusión racional.

El lector puede juzgar la profundidad de este argumento.

---000---

Cualquiera que sea testigo de primera mano del avance de la ciencia lo toma como una empresa intensamente personal. Siempre hay algunos — guiados por el asombro puro y una gran integridad, o por frustración con las inadecuaciones del conocimiento existente, o simplemente agobiados por la incapacidad que imaginan poseer de entender lo que todos los demás comprenden— que proceden a hacer devastadoras preguntas clave. Unas cuantas personalidades destacan entre un mar de celos, ambición, murmuración, supresión de la disensión y presunciones absurdas. En algunos campos, altamente productivos, este comportamiento es casi la norma.

Creo que toda esta agitación social y debilidad humana ayuda a la empresa de la ciencia. Hay un marco de trabajo establecido en el que cualquier científico puede demostrar que otro se equivoca y asegurarse que todo el mundo lo sepa. Incluso cuando nuestros motivos son deshonestos, no dejamos de tropezar con algo nuevo.

El químico americano galardonado con el Nobel Harold C. Urey\* me confesó en una ocasión que, a medida que se hacía mayor (entonces tenía setenta años), notaba la existencia de esfuerzos cada vez más concertados para demostrar que estaba equivocado. Lo describió como el síndrome de «la pistola más rápida del Oeste»: el joven que pudiera enmendar al célebre pistolero anciano heredaría su reputación y el respeto que a él se debe. Era enojoso, murmuraba, pero servía para que los jóvenes mequetrefes se dirigieran hacia áreas de investigación importantes en las que nunca habrían entrado por su cuenta.

Los científicos, humanos al fin, también siguen a veces una selección de la observación: les gusta recordar los casos en que han tenido razón y olvidar aquellos en los que se equivocaron. Pero, en muchos casos, lo que es «erróneo» es verdad en parte o estimula a otros a descubrir lo correcto. Uno de los astrofísicos más productivos de nuestra época ha sido Fred Hoyie\*, responsable de contribuciones monumentales a nuestra comprensión de la evolución de las estrellas, la síntesis de los elementos químicos, la cosmología y muchas cosas más. A veces su éxito se ha basado en tener razón antes de que nadie hubiera llegado a pensar que había algo por

---

\* Harold Clayton Urey

\* Fred Hoyle

explicar. A veces ha triunfado al equivocarse, al ser tan provocador, al sugerir alternativas tan escandalosas que observadores y experimentalistas se ven obligados a comprobarlas. El esfuerzo apasionado y concertado para «demostrar que Fred se equivoca» a veces ha fracasado y a veces ha triunfado. En casi todos los casos, ha empujado hacia adelante las fronteras del conocimiento. Incluso sus mayores escándalos —por ejemplo, la propuesta de que los virus de la gripe y el VIH habían caído de los cometas sobre la Tierra y que los granos de polvo interestelar son bacterias— han llevado a significativos avances del conocimiento (aun sin producir nada que sustente esas ideas particulares).

Podría ser útil para los científicos hacer una lista de vez en cuando de algunos de sus errores. Podría jugar un papel instructivo que ilustraría y desmitificaría el proceso de la ciencia y educaría a los científicos jóvenes. Hasta Johannes Kepler, Isaac Newton, Charles Darwin, Gregor Mendel y Albert Einstein cometieron graves errores. Pero la empresa científica dispone las cosas de modo que prevalece el trabajo de equipo: lo que uno de nosotros, incluso el más brillante, deja de ver, otro, mucho menos célebre y capaz, puede detectarlo y rectificar.

Por mi parte, en libros anteriores he tenido tendencia a comentar algunas ocasiones en que tuve razón. Mencionaré ahora aquí algunos casos en los que me he equivocado: en una época en la que ninguna nave espacial había estado en Venus, pensé al principio que la presión atmosférica era varias veces la de la Tierra, en lugar de muchas decenas de veces. Pensé que las nubes de Venus estaban formadas principalmente por agua, cuando resulta que sólo tienen el veinticinco por ciento. Pensé que podría haber tectónica de placas en Marte, cuando las observaciones atentas de naves espaciales apenas muestran ahora un rudimento de tectónica de placas. Pensé que las altas temperaturas de infrarrojos de Titán podrían ser debidas a un efecto invernadero medible, cuando resulta que está causado por una inversión térmica estratosférica. Justo antes de que Iraq incendiara los campos de petróleo de Kuwayt en 1991, advertí que el humo podría elevarse tanto que trastornaría la agricultura en gran parte del sur de Asia; como revelaron los hechos, *estaba* oscuro como boca de lobo al mediodía y la temperatura bajó de 4-6 °C en el golfo Pérsico, pero no llegó mucho humo a altitudes estratosféricas y Asia salió indemne. No subrayé suficientemente la incertidumbre de mis cálculos.

Los científicos tienen diferentes estilos especulativos, y algunos son más precavidos que otros. Siempre que las nuevas ideas sean comprobables y los científicos no sean decididamente dogmáticos, no se hace ningún daño; en realidad, se puede conseguir un progreso considerable. En los primeros cuatro casos que acabo de mencionar en que me equivoqué intentaba

entender un mundo distante a partir de pocas claves en ausencia de investigaciones completas de las naves espaciales. En el curso natural de la exploración planetaria van apareciendo más datos y nos encontramos con que todo un ejército de viejas ideas se ve superado por un arsenal de nuevos hechos.

---000---

Los posmodernos han criticado la astronomía de Kepler porque surgió de sus puntos de vista religiosos monoteístas medievales; la biología evolutiva de Darwin por estar motivada por un deseo de perpetuar los privilegios de la clase social de la que procedía o para justificar su supuesto ateísmo previo. Algunas de esas denuncias son ciertas. Otras no. Pero ¿qué importan las tendencias o predisposiciones emocionales que los científicos introducen en sus estudios siempre que sean escrupulosamente honestos y otras personas con proclividades diferentes comprueben sus resultados? Presumiblemente, nadie argüirá que el punto de vista conservador de la suma de 14 y 27 difiere del punto de vista liberal, o que la función matemática que es su propia derivada es la exponencial en el hemisferio norte pero otra en el sur. Cualquier función periódica regular puede ser representada con precisión arbitraria por una serie Fourier en las matemáticas musulmanas e indias. Las álgebras no conmutativas (donde A por B no es igual a B por A) son tan coherentes y significativas para los que hablan lenguajes indoeuropeos como para los que hablan finoúgrio. Se pueden apreciar o ignorar las matemáticas, pero son igualmente ciertas en todas partes, independientemente de la etnia, cultura, lengua, religión e ideología.

En el extremo opuesto hay preguntas como si el expresionismo abstracto puede ser «gran» arte o el rap «gran» música; si es más importante reducir la inflación o el paro; si la cultura francesa es superior a la cultura alemana; o si las leyes contra el crimen deberían afectar a la nación en su conjunto. Aquí las preguntas son demasiado simples, o las dicotomías falsas, o las respuestas dependen de presunciones inexpressadas. Aquí las desviaciones locales podrían determinar las respuestas.

¿Dónde se encuentra la ciencia en este continuum subjetivo que va desde una independencia casi total de las normas culturales a la dependencia total a ellas? Aunque es indudable que surgen temas de desviación y chauvinismo cultural, y aunque su contenido está en proceso de ajustamiento continuo, la ciencia está claramente mucho más cerca de las matemáticas que de la moda. La denuncia de que sus descubrimientos en general son arbitrarios y sesgados no es solamente tendenciosa, sino engañosa.

Las historiadoras Joyce Appleby, Lynn Hunt y Margaret Jacob (en *La verdad sobre la historia*, 1994) critican a Isaac Newton:

se dice que rechazaba la posición filosófica de Descartes porque podía desafiar la religión convencional y llevar al caos social y al ateísmo. Estas críticas sólo equivalen a la acusación de que los científicos son humanos. Desde luego, es interesante para el historiador de las ideas ver cómo se vio afectado Newton por las corrientes intelectuales de su época, pero tiene poco que ver con la verdad de sus proposiciones. Para que éstas sean aceptadas en general deben convencer por igual a ateos y creyentes. Eso es exactamente lo que ocurrió.

Appleby y sus colegas declaran que «cuando Darwin formuló su teoría de la evolución era ateo y materialista» y sugieren que la evolución fue producto de un programa supuestamente ateo. Han confundido lamentablemente causa y efecto. Darwin estaba a punto de convertirse en ministro de la Iglesia de Inglaterra cuando se le presentó la oportunidad de enrolarse en el HMS *Beagle*. Sus ideas religiosas en aquel momento, como las describió él mismo, eran de lo más convencional. Consideraba totalmente creíbles todos y cada uno de los artículos de fe anglicanos. A través de su interrogación de la naturaleza, a través de la ciencia, fue constatando lentamente que al menos parte de su religión era falsa. Por eso cambió de punto de vista religioso.

Appleby y sus colegas se horrorizan ante la descripción de Darwin de «la baja moralidad de los salvajes... sus insuficientes poderes de razonamiento... [su] débil poder de autodomínio». Y afirman que: «Hoy en día mucha gente se siente escandalizada por su racismo.» Pero no me parece que hubiera ningún rastro de racismo en el comentario de Darwin. Aludía a los habitantes de Tierra del Fuego, que sufrían una escasez agobiante en la provincia más estéril y antártica de la Argentina. Cuando describió a una mujer sudamericana de origen africano que prefirió la muerte a someterse a la esclavitud, anotó que sólo el prejuicio nos impedía ver su desafío a la misma luz heroica que concederíamos a un acto similar de la orgullosa matrona de una familia noble romana. Él mismo casi fue expulsado del *Beagle* por el capitán FitzRoy por su oposición militante al racismo del capitán. Darwin estaba por encima de la mayoría de sus contemporáneos en este aspecto.

Pero, en fin, aunque no fuera así, ¿en qué afecta eso a la verdad o falsedad de la selección natural? Thomas Jefferson y George Washington poseían esclavos; Albert Einstein y Mohandas Gandhi eran maridos y padres imperfectos. La lista sigue indefinidamente. Todos tenemos defectos y somos criaturas de nuestro tiempo. ¿Es justo que se nos juzgue con los estándares desconocidos del futuro? Algunas costumbres de nuestra era serán consideradas sin duda bárbaras por generaciones posteriores: quizá nuestra



insistencia en que los niños pequeños e incluso bebés duerman solos y no con sus padres; o quizá la excitación de pasiones nacionalistas como medio de conseguir la aprobación popular y alcanzar un alto cargo político; o permitir el soborno y la corrupción como medio de vida; o tener animales domésticos; o comer animales y enjaular chimpancés; o penalizar el uso de euforizantes para adultos; o permitir que nuestros hijos crezcan en la ignorancia.

De vez en cuando, retrospectivamente, destaca alguien. En mi lista particular, el revolucionario americano Thomas Paine, inglés de nacimiento, es uno de ellos. Estaba muy por delante de su tiempo. Se opuso con coraje a la monarquía, la aristocracia, el racismo, la esclavitud, la superstición y el sexismo cuando todo eso constituía la sabiduría convencional. Sus críticas de la religión convencional eran implacables. Escribió en *La edad de la razón*. «Cuando leemos las obscenas historias, las voluptuosas perversiones, las ejecuciones crueles y tortuosas, el carácter vengativo e implacable que rezuma la mitad de la Biblia, sería más coherente llamarlo el mundo de un demonio que el mundo de Dios... Ha servido para corromper y brutalizar a la humanidad.» Al mismo tiempo, el libro mostraba la reverencia más profunda por un Creador del universo cuya existencia Paine argüía que era evidente al echar una mirada al mundo natural. Pero, para la mayoría de sus contemporáneos, parecía imposible condenar gran parte de la Biblia y a la vez abrazar a Dios. Los teólogos cristianos llegaron a la conclusión de que era un borracho, un loco o un corrupto. El estudioso judío David Levi prohibió a sus correligionarios tocar siquiera, y menos todavía leer, el libro. Paine se vio sometido a tal sufrimiento por sus puntos de vista (incluyendo su encarcelamiento después de la Revolución francesa por ser demasiado coherente en su oposición a la tiranía) que se convirtió en un viejo amargado.<sup>29</sup>

Sí, se puede dar la vuelta a la perspicacia de Darwin y usarla de modo grotesco: magnates de voracidad insaciable pueden explicar sus prácticas de cortar cabezas apelando al darwinismo social; los nazis y otros racistas pueden alegar la «supervivencia del más apto» para justificar el genocidio. Pero Darwin no hizo a John D. Rockefeller ni a Adolf Hitler. La avaricia, la revolución industrial, el sistema de libre empresa y la corrupción del gobierno por los adinerados son más adecuados para explicar el capitalismo del siglo XIX. El etnocentrismo, la xenofobia, las jerarquías sociales, la larga historia de antisemitismo en Alemania, el Tratado de Versalles, las prácticas

---

<sup>29</sup> Paine fue el autor del panfleto revolucionario *Sentido común*. Publicado el 10 de enero de 1776, vendió más de medio millón de ejemplares en pocos meses y despertó a muchos americanos a la causa de la independencia. Fue autor de los tres libros más vendidos del siglo XVIII. Generaciones posteriores le injuriaron por sus puntos de vista sociales y religiosos. Theodore Roosevelt le llamó «pequeño y sucio ateo», a pesar de su profunda creencia en Dios. Probablemente es el revolucionario americano más ilustre que no cuenta con un monumento en Washington, D. C.

de educación infantil alemanas, la inflación y la depresión parecen adecuadas para explicar la subida de Hitler al poder. Es muy probable que se hubieran producido esos acontecimientos o similares con o sin Darwin. Y el darwinismo moderno deja bien claro que muchos rasgos menos implacables, algunos no siempre admirados por magnates insaciables y *Führers* —el altruismo, la inteligencia, la compasión— pueden ser la clave de la supervivencia.

Si pudiéramos censurar a Darwin, ¿qué otros tipos de conocimiento no podríamos censurar también? ¿Quién ejercería la censura? ¿Quién de nosotros es lo bastante sabio para saber de qué información e ideas podemos prescindir con seguridad y cuál de ellas será necesaria de aquí diez, cien o mil años en el futuro? Sin duda podemos hacer cierta valoración de qué tipos de máquinas y productos vale la pena desarrollar. En todo caso, debemos tomar estas decisiones, porque no tenemos recursos para aplicar todas las tecnologías posibles. Pero censurar el conocimiento, decir a la gente lo que debe pensar, es abrir la puerta a la policía del pensamiento, a tomar decisiones absurdas e incompetentes y a caer en la decadencia a largo plazo.

Ideólogos fervientes y regímenes autoritarios encuentran fácil y natural imponer sus puntos de vista y eliminar las alternativas. Los científicos nazis, como el físico premio Nobel Johannes Stark, distinguían la imaginaria y caprichosa «ciencia judía», que incluía la relatividad y la mecánica cuántica, de la realista y práctica «ciencia aria». Otro ejemplo: «Está emergiendo una nueva era de explicación mágica del mundo —dijo Adolf Hitler—, una explicación basada más en la voluntad que en el conocimiento. No hay verdad, ni en el sentido moral ni en el científico».

Tal como me lo contó tres décadas después, el genetista americano Hermann J. Müller viajó en 1922 de Berlín a Moscú en un avión ligero para observar con sus propios ojos la nueva sociedad soviética. Lo que vio le debió de gustar porque —después de descubrir que la radiación produce mutaciones (un descubrimiento por el que más tarde ganaría un Premio Nobel)— se instaló en Moscú para participar en el establecimiento de la genética moderna en la Unión Soviética. Pero, a mediados de la década de los treinta, un charlatán llamado Trofim Lysenko había llamado la atención y luego conseguido el apoyo entusiasta de Stalin. Lysenko argüía que la genética —a la que llamaba «mendelismo-weissmanismo-morganismo», por el nombre de algunos de sus fundadores— tenía una base filosófica inaceptable y que la genética filosóficamente «correcta», una genética que prestara la atención debida al materialismo dialéctico comunista, daría resultados muy diferentes. En particular, la genética de Lysenko permitiría una cosecha adicional de trigo en invierno: buena noticia para una economía

soviética tambaleante por la colectivización forzada de la agricultura de Stalin.

La prueba alegada por Lysenko era sospechosa, no había controles experimentales y sus amplias conclusiones hacían caso omiso de un inmenso conjunto de datos contradictorios. Crecía el poder de Lysenko y Müller defendía apasionadamente que la genética clásica mendeliana estaba en plena armonía con el materialismo dialéctico y que Lysenko, que creía en la herencia de características adquiridas y negaba una base material de la herencia, era un «idealista» o algo peor. Müller contaba con el apoyo decidido de N. J. Vavilov, presidente a la sazón de la Academia de Ciencias Agrícolas de la Unión.

En una conferencia de 1936 en la Academia de Ciencias Agrícolas, presidida por Lysenko, Müller pronunció una provocadora arenga que incluía estas palabras:

Si los practicantes más destacados apoyan teorías y opiniones que son obviamente absurdas para cualquiera que sepa aunque sea sólo un poco de genética —puntos de vista como los presentados recientemente por el presidente Lysenko y los que piensan como él—, la opción que se nos presenta parecerá una elección entre brujería y medicina, entre astrología y astronomía, entre alquimia y química.

En un país de arrestos arbitrarios y terror policial, este discurso dio muestras de una integridad y valentía ejemplares, calificada por muchos de locura. En *El asunto Vavilov* (1984), el historiador emigrado soviético Mark Popovsky escribe que esas palabras fueron acompañadas de «aplausos atronadores de toda la sala» y «recordadas por todos los participantes en la sesión que siguen con vida».

Tres meses después, Müller recibió en Moscú la visita de un genetista occidental que le expresó su asombro por una carta de amplia circulación firmada por Müller que condenaba la prevalencia del «mendelismo-weissmanismo-morganismo» en Occidente y urgía al boicot del próximo Congreso Internacional de Genética. Müller, que nunca había visto, y menos firmado, una carta como aquella, llegó a la conclusión de que era un fraude perpetrado por Lysenko. Inmediatamente escribió una encolerizada denuncia de Lysenko en *Pravda* y le mandó una copia a Stalin.

Al día siguiente, Vavilov fue a ver a Müller terriblemente agitado para informarle que él, Müller, se había presentado voluntario para ir a luchar a la guerra civil española. La carta de *Pravda* había puesto en peligro la vida de Müller. Abandonó Moscú al día siguiente y escapó por poco, según le

dijeron después, de la NKVD, la policía secreta. Vavilov no tuvo tanta suerte y murió en Liberia\* en 1943.

Con el apoyo continuo de Stalin y más tarde de Jrusvhov, Lysenko eliminó con tenacidad implacable la genética clásica. Los textos de biología de la escuela soviética a principios de la década de los sesenta contenían tan poco sobre cromosomas y genética como muchos de los textos de biología de las escuelas estadounidenses tienen hoy sobre evolución. Pero no creció ninguna cosecha nueva de trigo en invierno; el hechizo de la frase «materialismo dialéctico» no llegó al ADN de las plantas domesticadas; la agricultura soviética continuó estancada y hoy, en parte por esta razón, Rusia —con un alto nivel en muchas otras ciencias— está inexorablemente retrasada en biología molecular e ingeniería genética. Se han perdido dos generaciones de biólogos modernos. El lysenkismo no fue aniquilado hasta 1964, en una serie de debates y votaciones en la Academia Soviética de Ciencias —una de las pocas instituciones que mantuvo cierto grado de independencia de los líderes del Partido y el Estado— en las que el físico nuclear Andréi Sajárov representó un papel primordial.

Los americanos tendemos a menear la cabeza con asombro ante esta experiencia soviética. La idea de que una ideología endosada por el Estado o un prejuicio popular pueda poner trabas al progreso científico parece impensable. Durante doscientos años, los estadounidenses se han enorgullecido de ser un pueblo práctico, pragmático y no ideológico. Y sin embargo, la pseudociencia antropológica y psicológica ha florecido en Estados Unidos: sobre la raza, por ejemplo. Bajo el disfraz de «creacionismo», se sigue haciendo un serio esfuerzo para impedir que se enseñe en la escuela la teoría de la evolución, la idea integradora más poderosa en toda la biología y esencial para otras ciencias que van desde la astronomía hasta la antropología.

---0000---

La ciencia es diferente de muchas otras empresas humanas; no, desde luego, porque sus practicantes estén influenciados o no por la cultura en la que crecieron, ni porque a veces acierten y otras se equivoquen (algo común en toda actividad humana), sino en su pasión por formular hipótesis comprobables, en su búsqueda de experimentos definitivos que confirmen o nieguen ideas, en el vigor de su debate sustancial y en su voluntad de abandonar ideas que se han mostrado deficientes. Si no fuéramos conscientes de nuestras propias limitaciones, sin embargo, si no buscásemos más datos, si no estuviésemos dispuestos a realizar experimentos de control, si no

---

\* ¿Siberia?

respetásemos las pruebas, avanzaríamos muy poco en nuestra búsqueda de la verdad. Por oportunismo y timidez, podríamos ser vapuleados por cualquier brisa ideológica sin tener nada de valor duradero a lo que agarrarnos.

**CAPITULO 15**

**EL SUEÑO  
DE NEWTON**

Que Dios nos libre de la visión única y  
del sueño de Newton.

WILLIAM BLAKE,  
de un poema incluido en una carta  
a Thomas Butts  
(1802)

...con frecuencia la ignorancia engendra más  
confianza que el conocimiento: son los que  
saben poco, y no los que saben mucho, los que  
aseveran positivamente que éste o aquel  
problema nunca será resuelto por la ciencia.

CHARLES DARWIN, Introducción, *La  
descendencia del hombre* (1871)

Por «el sueño de Newton», el poeta, pintor y revolucionario William Blake parece referirse a una visión de túnel en la perspectiva de la física de Newton, como también a la propia liberación (incompleta) de éste del misticismo. Blake encontraba divertida la idea de átomos y partículas de luz y «satánica» la influencia de Newton en nuestra especie. Una crítica común de la ciencia es que es demasiado estrecha. A causa de nuestra bien demostrada falibilidad, desestima, sin entrar en un discurso serio, un amplio espectro de imágenes inspiradoras, nociones juguetonas, intenso misticismo y maravillas asombrosas. Sin pruebas físicas, la ciencia no admite a los espíritus, ángeles, diablos ni a los cuerpos dharma del Buda. Ni a los visitantes extraterrestres.

El psicólogo americano Charles Tart, que cree que la prueba de la percepción extrasensorial es convincente, escribe:

Un factor importante en la actual popularidad de ideas de la «Nueva Era» es una reacción contra los efectos deshumanizadores y desespiritualizadores del *cientificismo*, la creencia filosófica (que se enmascara como ciencia objetiva y se sostiene con la tenacidad emocional del fundamentalismo redivivo) de que no somos *nada más que* seres materiales. Abarcar irreflexivamente todo lo que lleva la etiqueta de «espiritual», «psíquico» o de «Nueva Era» es, desde luego, una tontería, porque muchas de esas ideas son objetivamente erróneas por muy nobles e inspiradoras que sean. Por otro lado, este interés en la Nueva Era es un reconocimiento legítimo de algunas realidades de la naturaleza humana: la gente siempre ha tenido y sigue teniendo experiencias que parecen ser «psíquicas» o «espirituales».

Pero ¿por qué las experiencias «psíquicas» desafían la idea de que estamos hechos de materia y nada más? Hay muy pocas dudas de que, en el mundo cotidiano, la materia (y la energía) existen. Tenemos la prueba a nuestro alrededor. En contraste, como he mencionado antes, la prueba de algo no material llamado «espíritu» o «alma» es muy dudosa. Desde luego, cada uno de nosotros tiene una rica vida interior. Sin embargo, considerando la formidable complejidad del asunto, ¿cómo podríamos demostrar que nuestra vida interior no es debida totalmente a la materia? De acuerdo, es mucho lo



que no entendemos del todo en la conciencia humana y todavía no podemos explicar en términos de neurobiología. Los humanos tienen limitaciones, y nadie lo sabe mejor que los científicos. Pero una multitud de aspectos del mundo natural que hace sólo unas generaciones se consideraban milagrosos son ahora totalmente comprendidos en términos de física y química. Al menos algunos de los misterios de hoy serán resueltos satisfactoriamente por nuestros descendientes. El hecho de que ahora no podamos presentar una comprensión detallada, por ejemplo, de estados de conciencia alterados en términos de química del cerebro, no implica la existencia de un «mundo del espíritu» más que cuando se creía que el girasol que sigue el camino del sol a través del cielo era la prueba de un milagro antes de conocer el fototropismo y las hormonas de las plantas.

Y si el mundo no corresponde en todos los aspectos a nuestros deseos, ¿es culpa de la ciencia o de los que quieren imponer sus deseos en el mundo? Todos los mamíferos —y muchos animales más— experimentan emociones: miedo, anhelo, dolor, amor, odio, necesidad de guía. Quizá los humanos piensen más en el futuro, pero no hay nada único en nuestras emociones. Por otro lado, ninguna otra especie hace tanta ciencia como nosotros. ¿Cómo se puede acusar a la ciencia de «deshumanizadora»?

A pesar de todo, parece tan injusto: algunos humanos mueren de hambre antes de superar la infancia, mientras otros —por un accidente de nacimiento— viven en la opulencia y el esplendor. Podemos nacer en una familia que comete abusos o en un grupo étnico perseguido, o con alguna deformidad; pasamos la vida con las cartas de la baraja en contra, y luego morimos. ¿Eso es todo? ¿No es más que un sueño sin ensoñación ni fin? ¿Dónde está la justicia de eso? Es desolador, brutal y cruel. ¿No deberíamos tener una segunda oportunidad en un campo de juego neutral? Sería mucho mejor si volviéramos a nacer en circunstancias que tuvieran en cuenta nuestra actuación en la última vida, por muy en contra que hubiéramos tenido entonces la baraja. O si hubiera un día del juicio después de la muerte, entonces —siempre que hubiéramos sido buenos con la persona que se nos dio en esta vida y mostrado humildad, lealtad y todo lo demás— deberíamos ser recompensados y vivir alegremente hasta el final de los tiempos en un refugio permanente de la agonía y confusión del mundo. Así es como sería si el mundo fuera pensado, planeado con anterioridad, justo. Así sería si los que sufren dolor y tormento recibieran el consuelo que merecen.

Las sociedades que enseñan la satisfacción con nuestra situación actual en la vida en espera de la recompensa *post-mortem* tienden a vacunarse contra la revolución. Además, el temor de la muerte, que en algunos aspectos es una adaptación a la lucha evolutiva por la existencia, se adapta mal a la guerra. Las culturas que preconizan una vida de bendición para los héroes

después de la vida —o incluso para los que simplemente hicieron lo que les mandó la autoridad— podrían adquirir una ventaja competitiva.

Así debería ser fácil para las religiones y las naciones vender la idea de una parte espiritual de nuestra naturaleza que sobrevive a la muerte. No es algo en lo que se pueda prever un gran escepticismo. La gente querrá creerlo, aunque la prueba sea escasa o nula. Ciertamente, las lesiones del cerebro nos pueden hacer perder segmentos importantes de la memoria, o convertirnos de maníacos en plácidos, o viceversa; y los cambios en la química del cerebro pueden convencernos de que hay una conspiración contra nosotros o hacernos pensar que escuchamos la voz de Dios. Pero, a pesar de que eso proporciona un testimonio irresistible de que nuestra personalidad, carácter y memoria —si se quiere, el alma— reside en la materia del cerebro, es fácil no rendirse a él, encontrar maneras de negar el peso de la evidencia.

Y si hay instituciones sociales poderosas que insisten en que *hay* otra vida, no es sorprendente que los que disienten tiendan a ser pocos, callados y resentidos. Algunas religiones orientales, cristianas y de la Nueva Era, además del platonismo, mantienen que el mundo es irreal, que el sufrimiento, la muerte y la materia son ilusiones, y que nada existe realmente excepto la «mente». En contraste, el punto de vista científico imperante es que la mente es la forma en la que percibimos lo que hace el cerebro; es decir, es una propiedad de los cien billones de conexiones nerviosas en el cerebro.

Hay una opinión académica extrañamente en boga, con raíces en la década de los sesenta, que mantiene que todos los puntos de vista son igualmente arbitrarios y que «verdadero» o «falso» es una ilusión. Quizá sea un intento de volver las tornas a los científicos que arguyen desde hace tiempo que la crítica literaria, la religión, la estética y gran parte de la filosofía y la ética son mera opinión subjetiva, porque no se pueden demostrar como un teorema de la geometría euclidiana ni someterse a prueba experimental.

Hay gente que quiere que todo sea posible, que su realidad sea ilimitada. Les parece que nuestra imaginación y nuestras necesidades requieren más que lo relativamente poco que la ciencia enseña que sabemos con seguridad. Muchos gurús de la Nueva Era —la actriz Shirley MacLaine entre ellos— llegan al punto de abrazar el solipsismo, de afirmar que la única realidad es la de sus propios pensamientos. «Soy Dios», dicen en realidad. «Creo de verdad que nosotros creamos nuestra propia realidad —dijo MacLaine a un escéptico en una ocasión—. Creo que ahora mismo yo le estoy creando a usted.»

Si sueño que me reúno con un padre o un hijo muertos, ¿quién me va a decir que no ocurrió *realmente*? Si tengo una visión de mí mismo flotando en el espacio y mirando hacia la Tierra, a lo mejor he estado allí realmente; ¿cómo algunos científicos, que ni siquiera compartieron la experiencia, se

atreven a decirme que está todo en mi cabeza? Si mi religión dicta que es palabra inalterable e inequívoca de Dios que el universo tiene unos cuantos miles de años, los científicos, además de equivocarse, son ofensivos e impíos cuando declaran que tiene unos cuantos miles de millones.

Es irritante que la ciencia pretenda fijar límites en lo que podemos hacer, aunque sea en principio. ¿Quién dice que no podemos viajar más de prisa que la luz? Solían decirlo del sonido, ¿no es cierto? ¿Quién nos va a impedir, si tenemos instrumentos realmente poderosos, que midamos la posición y el momento de un electrón simultáneamente? ¿Por qué, si somos muy inteligentes, no podemos construir una máquina de movimiento perpetuo «de primera especie» (una que genere más energía de la que se le suministra), o una máquina de movimiento perpetuo «de segunda especie» (una que nunca se pare). ¿Quién osa poner límites al ingenio humano?

En realidad, la naturaleza. En realidad, una declaración bastante completa y breve de las leyes de la naturaleza, de cómo funciona el universo, se refleja en una lista de prohibiciones como ésta. Significativamente, la pseudociencia y la superstición tienden a no reconocer límites en la naturaleza: «Todo es posible.» Prometen un presupuesto de producción ilimitado, aunque sus partidarios hayan sido engañados y traicionados tan a menudo.

-----00000-----

Una queja relacionada con ésta es que la ciencia es demasiado simple, demasiado «reduccionista»; imagina con ingenuidad que en el recuento final habrá sólo unas cuantas leyes de la naturaleza —quizá incluso bastante sencillas— que lo explicarán todo, que la exquisita sutileza del mundo, todos los cristales de la nieve, las celosías de las telarañas, las galaxias espirales y los destellos de perspicacia humana pueden «reducirse» a estas leyes. El reduccionismo no parece conceder un respeto suficiente a la complejidad del universo. A algunos se les antoja como un híbrido curioso de arrogancia y pereza intelectual.

A Isaac Newton —que en la mente de los críticos de la ciencia personifica la «visión única»— el universo le parecía como un mecanismo de relojería. Literalmente. Describió con gran precisión los movimientos regulares y orbitales predecibles de los planetas alrededor del Sol, o de la Luna alrededor de la Tierra, esencialmente mediante la misma ecuación diferencial que predice el vaivén de un péndulo o la oscilación de un muelle. Hoy tenemos tendencia a pensar que ocupamos una posición ventajosa eminente y a lamentarnos de que los pobres newtonianos tuvieran un punto de vista tan limitado. Pero, dentro de ciertos límites razonables, las mismas

ecuaciones armónicas que describen el mecanismo del reloj describen los movimientos de objetos astronómicos en todo el universo. Es un paralelismo profundo, no trivial.

Desde luego, en el sistema solar no hay engranajes y las partes componentes del mecanismo de reloj gravitacional no se tocan. Los movimientos de los planetas son más complicados que los de péndulos y muelles. Además, el modelo de mecanismo de relojería se quiebra en ciertas circunstancias. Durante períodos de tiempo muy largos, la atracción gravitatoria de mundos distantes —atracción que podría parecer totalmente insignificante en sólo unas cuantas órbitas— puede acumularse y algún mundo pequeño puede desviarse inesperadamente de su curso normal. Sin embargo, en los relojes de péndulo también se conoce algo como el movimiento caótico; si desplazamos el plomo demasiado lejos de la perpendicular, el movimiento es arrítmico y desordenado. Pero el sistema solar marca mejor el tiempo que cualquier reloj mecánico y toda la idea de marcar el tiempo viene del movimiento observado del Sol y las estrellas.

Lo asombroso es que se pueda aplicar una matemática similar a los planetas y a los relojes. No tenía por qué ser así. No lo impusimos en el universo. Es como es. Si esto es reduccionismo, qué le vamos a hacer.

Hasta mediados del siglo XX, dominaba una fuerte creencia —entre teólogos, filósofos y muchos biólogos— de que la vida no era «reducible» a las leyes de física y química, que había una «fuerza vital», una «entelequia», un tao, un maná que hacía funcionar a los seres vivos y «animaba» la vida. Era imposible ver cómo meros átomos y moléculas podían justificar la complejidad y la elegancia, la adecuación de la forma a la función, de un ser vivo. Se invocaban las religiones del mundo: Dios o los dioses insuflaron vida, alma, en la materia inanimada. El químico del siglo XVIII Joseph Priestley intentó encontrar la «fuerza vital». Pesó un ratón justo antes y después de morir. Pesaba lo mismo. Todos los intentos en este sentido han fracasado. Si hay alma, es evidente que no pesa nada; es decir, no está hecha de materia.

A pesar de todo, hasta los materialistas biológicos tenían reservas; a lo mejor, si no almas de plantas, animales, hongos y microbios, todavía se necesitaba algún principio científico no descubierto para entender la vida. Por ejemplo, el fisiólogo británico J. S. Haldane (padre de J. B. S. Haldane) preguntaba en 1932:

¿Qué relato inteligible puede ofrecer la teoría mecanicista de la vida de la... recuperación de enfermedades y heridas? Simplemente ninguno, excepto que esos fenómenos son tan complejos y extraños que de momento no podemos entenderlos. Ocurre exactamente lo mismo con los fenómenos estrechamente relacionados con la reproducción. No podemos concebir, por

muchas vueltas que demos a la imaginación, un mecanismo delicado y complejo que sea capaz, como un organismo vivo, de reproducirse él mismo con una frecuencia indefinida.

Pero, sólo unas décadas después, nuestro conocimiento de la inmunología y la biología molecular ha clarificado enormemente esos misterios antes impenetrables.

Recuerdo muy bien que, cuando se dilucidó por primera vez la estructura molecular del ADN y la naturaleza del código genético en las décadas de los cincuenta y sesenta, los biólogos que estudiaban organismos completos acusaban a los nuevos investigadores de la biología molecular de reduccionismo. («No van a entender ni siquiera al gusano con su ADN.») Desde luego, reducirlo todo a una «fuerza vital» no es menos reduccionista. Pero ahora está claro que toda la vida sobre la Tierra, todo ser vivo, tiene una información genética codificada en sus ácidos nucleicos y emplea fundamentalmente el mismo código para ejecutar las instrucciones hereditarias. Hemos aprendido a leer el código. En biología se usan las mismas docenas de moléculas orgánicas una y otra vez para una mayor variedad de funciones. Se han identificado genes que tienen una responsabilidad significativa en la fibrosis quística y el cáncer de pecho. Se ha hecho la secuencia de los 1,8 millones de eslabones de la cadena del ADN de la bacteria *Haemophilis influenzae*, que comprende sus mil setecientos cuarenta y tres genes. La función específica de la mayoría de esos genes está bellamente detallada: desde la fabricación y pliegue de cientos de moléculas complejas hasta la protección contra el calor y los antibióticos, el aumento de la tasa de mutación y la formación de copias idénticas de la bacteria. Se han trazado ya gran parte de los genomas de otros muchos organismos (incluyendo el gusano *Caenorhabditis elegans*). Los biólogos moleculares se dedican con ahínco a registrar la secuencia de los tres mil millones de nucleótidos que especifican cómo hacer un ser humano. En una o dos décadas habrán terminado. (Que los beneficios lleguen a superar los riesgos no parece seguro en absoluto.)

Se ha establecido la continuidad entre la física atómica, la química molecular y esta maravilla de maravillas, la naturaleza de la reproducción y la herencia. No es necesario invocar ningún nuevo principio de la ciencia. Parece que hay un pequeño número de hechos simples que se pueden usar para entender la enorme complejidad y variedad de los seres vivos. (La genética molecular también enseña que cada organismo tiene su propia particularidad.)

El reduccionismo está incluso mejor instalado en física y química. Describiré más adelante la inesperada fusión de nuestra comprensión de la electricidad, el magnetismo, la luz y la relatividad en un solo marco de

trabajo. Hace siglos que sabemos que un puñado de leyes relativamente sencillas no sólo explican sino que predicen cuantitativamente y con precisión una variedad asombrosa de fenómenos, no sólo en la Tierra sino en todo el universo.

Hemos oído decir —por ejemplo al teólogo Langdon Gilkey en su *Naturaleza, realidad y lo sagrado*— que la idea de que las leyes de la naturaleza son las mismas en todas partes no es más que una preconcepción impuesta al universo por científicos falibles y su medio social. Le gustaría que hubiera otros tipos de «conocimiento», tan válidos en su contexto como la ciencia en el suyo. Pero el orden del universo no es una presunción; es un hecho observado. Detectamos la luz desde quasars distantes sólo porque, a diez mil millones de años luz, las leyes del electromagnetismo son las mismas que aquí. Los espectros de esos quasars sólo son reconocibles porque están presentes los mismos elementos químicos allí y aquí, y porque pueden aplicarse las mismas leyes de mecánica cuántica. El movimiento de las galaxias alrededor unas de otras sigue la gravedad familiar newtoniana. Las lentes gravitacionales y las rotaciones de pulsares binarios revelan la relatividad general en las profundidades del espacio. *Podíamos* haber vivido en un universo con leyes diferentes, pero no es así. Este hecho no puede dejar de provocar sentimientos de reverencia y respeto.

Podríamos haber vivido en un universo en el que no se pudiera entender nada con unas pocas leyes sencillas, en el que la complejidad de la naturaleza superara nuestra capacidad de comprensión, en el que las leyes aplicables en la Tierra no fueran válidas en Marte o en un quasar distante. Pero la evidencia —no las ideas preconcebidas, sino la evidencia— demuestra otra cosa. Por suerte para nosotros, vivimos en un universo en el que las cosas se pueden «reducir» a un pequeño número de leyes de la naturaleza relativamente sencillas. De otro modo, quizá nos habría faltado capacidad intelectual y de comprensión para entender el mundo.

Desde luego, podemos cometer errores al aplicar un programa reduccionista a la ciencia. Puede haber aspectos que, por lo que sabemos, no sean reducibles a unas cuantas leyes relativamente simples. Pero, a la luz de los descubrimientos de los últimos siglos, parece una insensatez quejarse de reduccionismo. No es una deficiencia, sino uno de los principales triunfos de la ciencia. Y me parece que sus descubrimientos están en perfecta consonancia con muchas religiones (aunque eso no *prueba* su validez). ¿Por qué unas cuantas leyes simples de la naturaleza explican tanto y mantienen el control de este vasto universo? ¿No es exactamente eso lo que podría esperarse de un creador del universo? ¿Por qué algunas personas religiosas se oponen al programa reduccionista en la ciencia si no es por un amor mal entendido al misticismo.

Se han hecho muchos intentos a lo largo de los siglos de reconciliar religión y ciencia, especialmente por parte de religiosos que no preconizaban el literalismo bíblico y coránico que no permitía la alegoría o la metáfora. Las consecuciones culminantes de la teología católica romana son la *Summa Theologica* y la *Summa Contra Gentiles* de santo Tomás de Aquino. Entre el torbellino de filosofía islámica sofisticada que penetró en el cristianismo en los siglos XII y XIII se encontraban los libros de los antiguos griegos, especialmente Aristóteles, obras que revelan grandes logros incluso echándoles sólo una mirada superficial. ¿Era compatible este aprendizaje antiguo con la palabra sagrada de Dios?<sup>30</sup> En la *Summa Theologica*, Aquino se planteó la tarea de reconciliar seiscientos treinta y una cuestiones entre las fuentes cristianas y clásicas. ¿Pero cómo hacerlo cuando se plantea una clara disputa? No se puede conseguir sin la presencia de cierto principio organizativo, sin una manera superior de conocer el mundo. A menudo, Aquino apelaba al sentido común y al mundo natural: es decir, a la ciencia usada como mecanismo de corrección de errores. Con algunas deformaciones del sentido común y la naturaleza, consiguió reconciliar los seiscientos treinta y un problemas. (Aunque, a la hora de la verdad, simplemente se asumía la respuesta deseada. La fe siempre tenía ventaja sobre la razón.) La literatura judía talmúdica y postalmúdica y la filosofía islámica medieval están llenas de intentos de reconciliación similares.

Pero los principios en el corazón de la religión se pueden comprobar científicamente. Eso por sí solo hace que algunos burócratas y creyentes religiosos se muestren cautos ante la ciencia. ¿Es la eucaristía, como enseña la Iglesia, en realidad, y no sólo como metáfora productiva, la carne de Jesucristo, o —químicamente, microscópicamente y en otros aspectos— es sólo una hostia ofrecida por un sacerdote?<sup>31</sup> ¿Será destruido el mundo al final del ciclo de cincuenta y dos años de Venus a no ser que se sacrifiquen humanos a los dioses?<sup>32</sup> ¿Le va peor a un judío no circuncidado que a sus

---

<sup>30</sup> Eso no planteaba ningún problema para muchos otros. «Creo, luego entiendo», dijo san Anselmo en el siglo XI.

<sup>31</sup> Hubo una época en que la respuesta a esta pregunta era cuestión de vida o muerte. Miles Phillips era un marino inglés perdido en el México español. Él y sus compañeros fueron llevados ante la Inquisición el año 1574. Se les preguntó «sí creíamos que la hostia de pan que el sacerdote elevaba sobre su cabeza, y el vino que había en el cáliz, era el cuerpo verdadero y perfecto de nuestro Salvador Jesucristo, ¿sí o no? A lo cual —añade Phillips—, si no respondíamos "¡Sí!" no había más solución que la muerte».

<sup>32</sup> Como este ritual mesoamericano no se ha practicado desde hace cinco siglos, contamos con la perspectiva para meditar sobre las decenas de miles de personas que se ofrecieron voluntaria o

correligionarios que acatan la antigua alianza en la que Dios pidió un trozo de prepucio a todos sus fieles varones? ¿Hay humanos que pueblan otros planetas innumerables, como enseñan los Santos del Último Día? ¿Es verdad que los blancos fueron creados a partir de los negros por un científico loco, como advierte la nación del Islam? ¿Dejaría de levantarse el sol si se omitiera el rito del sacrificio hindú (como se nos asegura que ocurriría en el Satapatha Brahmana)?

Podemos hacernos una idea de las raíces humanas de la oración examinando religiones y culturas poco familiares. Transcribimos aquí, por ejemplo, lo que aparece en una inscripción cuneiforme de un sello cilíndrico babilonio del segundo milenio antes de Cristo:

Oh, Ninlil, Señora de las Tierras, en tu lecho de bodas, en la morada de tu delicia, intercede por mí ante Enlil, tu enamorado. [Firmado] Mili-Shipak, Shatammu de Ninmah.

Ha pasado mucho tiempo desde que existiera un Shatammu en Ninmah, o incluso una Ninmah. A pesar del hecho de que Enlil y Ninlil eran dioses importantes —gente de todo el mundo occidental civilizado les había rezado durante dos mil años—, ¿rezaba en realidad la pobre Mili-Shipak a un fantasma, a un producto de su imaginación socialmente tolerado? Y si era así, ¿qué hay de nosotros? ¿O es blasfemia, una cuestión prohibida... como era sin duda entre los adoradores de Enlil?

¿Funcionan las oraciones? ¿Cuáles?

Hay una categoría de oración en la que se ruega a Dios que intervenga en la historia humana para enmendar una injusticia real o imaginada o una calamidad natural; por ejemplo, cuando un obispo del Oeste norteamericano reza para que Dios intervenga y acabe con un período de sequía devastadora. ¿Por qué se necesita la oración? ¿No sabía Dios nada de la sequía? ¿No era consciente de que amenazaba a los parroquianos del obispo? ¿Qué implica eso sobre las limitaciones de una deidad supuestamente omnipotente y omnisciente? El obispo también pidió a sus seguidores que rezaran. ¿Hay más probabilidades de que intervenga Dios cuando son muchos los que le piden compasión o justicia, o con unos cuantos basta? O consideremos la petición siguiente, impresa en 1994 en *The Prayer and Action Weekly News: Iowa's Weekly Christian Information Source*.

¿Puedes unirte a mí para rogar a Dios que queme la sede de Planificación Familiar en Des Moines de modo que nadie pueda interpretarlo como un incendio intencionado, que investigadores imparciales tengan que atribuirlo a

---

involuntariamente como sacrificio a los dioses aztecas y mayas y aceptaron sus destinos con fe serena y el conocimiento confiado de que morían para salvar al universo.



causas milagrosas (inexplicables), y que los cristianos tengan que atribuirlo a la mano de Dios?

Hemos comentado la curación por la fe. ¿Qué sabemos de la longevidad a través de la oración? El estadista Victoriano Francis Galton argüía que, en igualdad de condiciones, los monarcas británicos debían vivir más porque millones de personas en todo el mundo entonaban diariamente el sincero mantra de «Dios salve a la reina» (o al rey). Sin embargo, demostró que, en todo caso, no vivían más que otros ricos y mimados miembros de la aristocracia. Decenas de millones de personas deseaban (aunque no puede decirse exactamente que rezaran) públicamente al unísono que Mao Zedong viviera «diez mil años». Casi todo el mundo en el antiguo Egipto exhortaba a los dioses a permitir que el faraón viviera «para siempre». Esas plegarias colectivas fracasaron. Su fracaso es un dato.

Haciendo pronunciamientos que, aunque sólo sea en principio, son comprobables, las religiones, aun sin querer, entran en el terreno de la ciencia. Las religiones ya no pueden hacer afirmaciones sobre la realidad sin verse desafiadas... siempre que no se apoderen del poder secular, siempre que no puedan obligar a creer. Eso, a su vez, ha enfurecido a algunos seguidores de otras religiones. De vez en cuando amenazan a los escépticos con los castigos más temibles que se pueda imaginar. Consideremos la siguiente alternativa de William Blake en su poesía de título inocuo. *Augurios de inocencia*:

Aquel que enseña al niño a dudar

Se pudrirá para siempre en la tumba.

El que respeta la fe del niño

Triunfa sobre el infierno y la muerte.

Desde luego, para muchas religiones —dedicadas a la reverencia, respeto, ética, ritual, comunidad, familia, caridad y justicia política y económica—, los descubrimientos de la ciencia no son de ningún modo un desafío sino una inspiración. No hay necesariamente conflicto entre la ciencia y la religión. A cierto nivel comparten funciones similares y acordes, y cada una de ellas necesita a la otra. El debate abierto y vigoroso, incluso la consagración de la duda, es una tradición cristiana que se remonta a la *Aeropagítica* de John Milton (1644). Parte del cristianismo y el judaísmo asume e incluso anticipó al menos en parte la humildad, autocrítica, debate razonado y cuestionamiento de la sabiduría recibida que ofrece lo mejor de la ciencia. Pero otras sectas, llamadas a veces conservadoras o fundamentalistas

—y hoy, con las religiones principales casi inaudibles e invisibles, parecen estar en alza— han decidido basarse en temas sujetos a refutación, y por eso tienen algo que temer de la ciencia.

Las tradiciones religiosas suelen ser tan ricas y variadas que ofrecen grandes oportunidades de renovación y revisión, especialmente cuando sus libros sagrados se pueden interpretar metafórica y alegóricamente. Hay pues un terreno medio para confesar errores antiguos, como hizo la Iglesia católica romana al reconocer en 1992 que Galileo tenía razón, que la Tierra gira alrededor del Sol... con tres siglos de retraso, pero con valentía y la mejor recepción a pesar de todo. El catolicismo romano moderno no discute en absoluto el big bang, el universo de quince mil millones de años, la emergencia de las primeras criaturas vivas de moléculas prebiológicas ni la evolución de los humanos a partir de ancestros similares a los monos... aunque tiene opiniones especiales sobre la «dotación de alma». La corriente principal de la fe protestante y judía adopta también esta firme posición.

En discusiones teológicas con líderes religiosos, a menudo les pregunto cuál sería su respuesta si la ciencia demostrara la refutación de un dogma de su fe. Cuando se lo planteé al actual Dalai Lama, el decimocuarto, contestó sin dudar ni un momento de un modo muy diferente al de los líderes religiosos conservadores o fundamentalistas. En este caso, dijo, el budismo tibetano tendría que cambiar.

¿Aunque sea realmente un dogma central como (me costó encontrar un ejemplo) la reencarnación?, le pregunté.

Aun en este caso, me contestó.

De todos modos—añadió con un guiño—va a ser difícil refutar la reencarnación.

Sencillamente, el Dalai Lama tiene razón. La doctrina religiosa que se hace inmune a la refutación tiene que preocuparse poco del avance de la ciencia. La gran idea común a muchas fes de un creador del universo es una de esas doctrinas... tan difícil de demostrar como de negar.

Moisés Maimónides, en su *Guía para perplejos*, mantenía que sólo se podía conocer verdaderamente a Dios si se permitía un estudio libre y abierto de la física y la teología (I, 55). ¿Qué pasaría si la ciencia demostrase que el universo es infinitamente viejo? Tendría que revisarse seriamente la teología (II, 25). Ciertamente, éste es el descubrimiento concebible de la ciencia que podría refutar a un creador... porque un universo infinitamente viejo no habría sido creado nunca. Siempre habría estado allí.

Hay otras doctrinas, intereses y atenciones que también muestran preocupación por lo que descubrirá la ciencia. Sugieren que quizá sea mejor no saber. Si resulta que hombres y mujeres tienen diferentes propensiones hereditarias, ¿no se usará esto como excusa para que los primeros aniquilen a las segundas? Si hay un componente genético de violencia, ¿podría

justificarse la represión de un grupo étnico por otro, o incluso la encarcelación preventiva? Si la enfermedad mental es pura química del cerebro, ¿no destruye eso todos nuestros esfuerzos por entender la realidad o ser responsables de nuestras acciones? Si no somos la obra especial del creador del universo, si nuestras leyes morales básicas están simplemente inventadas por legisladores falibles, ¿no queda socavada nuestra lucha por mantener el orden en la sociedad?

Me parece que en cada uno de estos casos, religioso o secular, salimos ganando si conocemos la mejor aproximación posible a la verdad... y si mantenemos la conciencia atenta a los errores cometidos por nuestro grupo de interés o sistema de creencia en el pasado. En todos los casos, las consecuencias que se temen de un conocimiento generalizado de la verdad son exageradas. Y además, no somos lo bastante sabios para saber qué mentiras, o incluso qué matices de los hechos, pueden servir a un propósito social mejor, especialmente a largo plazo.

**CAPÍTULO 16**

**CUANDO  
LOS CIENTÍFICOS  
CONOCEN  
EL PECADO**

El pensamiento del hombre...  
¿hasta dónde avanzará? ¿Dónde  
encontrará límites su atrevida impudicia?  
Si la villanía humana y la vida humana  
deben crecer en justa proporción, si el hijo  
siempre debe superar la maldad del padre,  
los dioses tienen que añadir otro mundo a  
éste para que todos los pecadores puedan  
tener espacio suficiente.

EURÍPIDES,

*Hippolytus* (428 a. J.C.)

En una reunión con el presidente Harry S. Truman en la posguerra, J. Robert Oppenheimer —director científico del «Proyecto Manhattan» de armas nucleares— comentó lúgubrementemente que los científicos tenían las manos manchadas de sangre, que habían conocido el pecado. Más tarde, Truman comunicó a sus ayudantes que no quería ver nunca más a Oppenheimer. A veces se castiga a los científicos por hacer el mal y a veces por advertir de los malos usos a que se puede aplicar la ciencia. Es más frecuente la crítica de que tanto la ciencia como sus productos son moralmente neutrales, éticamente ambiguos, aplicables por igual al servicio del mal y del bien. Es una vieja acusación. Probablemente se remonta a la época de la talla de herramientas de piedra y al dominio del fuego. Puesto que la tecnología se ha encontrado en nuestra línea ancestral desde antes del primer humano, puesto que somos una especie tecnológica, no es tanto un problema de ciencia como de naturaleza humana. No quiero decir con esto que la ciencia no tenga responsabilidad por el mal uso de sus descubrimientos. Tiene una responsabilidad profunda y, cuanto más poderosos son sus productos, mayor es su responsabilidad.

Como las armas de ataque y derivados del mercado, las tecnologías que nos permiten alterar el entorno global que nos sostiene deberían someterse a la precaución y la prudencia. Sí, somos los mismos viejos humanos que lo han hecho hasta ahora. Sí, estamos desarrollando nuevas tecnologías como siempre. Pero cuando las debilidades que siempre hemos tenido se unen con una capacidad de hacer daño a una escala planetaria sin precedentes, se nos exige algo más: una ética emergente que también debe ser establecida a una escala planetaria sin precedentes.

A veces los científicos lo intentan de los dos modos: aceptar el mérito por aquellas aplicaciones de la ciencia que enriquecen nuestras vidas, pero distanciarse de los instrumentos de muerte, tanto intencionados como

inadvertidos, que también se derivan de la investigación científica. El filósofo australiano John Passmore escribe en el libro *La ciencia y sus críticos*:

La Inquisición española intentó evitar la responsabilidad directa en la quema de herejes entregándolos al brazo secular; quemarlos ella misma, explicaba piadosamente, sería totalmente impropio de sus principios cristianos. Pocos de nosotros dejaríamos que la Inquisición se limpiase tan fácilmente las manos de sangre; ellos sabían muy bien lo que ocurriría. Del mismo modo, cuando la aplicación tecnológica de los descubrimientos científicos es clara y obvia — como cuando un científico trabaja con gases nerviosos— no puede declarar que estas aplicaciones no «tienen nada que ver con él», basándose en que son fuerzas militares, no científicas, las que usan los gases para mutilar o matar. Eso es aún más obvio cuando el científico ofrece ayuda deliberada a un gobierno a cambio de financiación. Si un científico, o un filósofo, acepta fondos de un cuerpo como una oficina de investigación naval, les está engañando si sabe que su trabajo será inútil para ellos y debe aceptar parte de responsabilidad por el resultado si sabe que les será útil. Está sometido, como corresponde, a alabanzas o culpas en relación con cualquier innovación que salga de su trabajo.

Proporciona un caso histórico importante: la carrera del físico nacido en Hungría Edward Teller. Teller quedó marcado de joven por la revolución comunista de Béla Kun en Hungría, en la que se expropiaron las propiedades de familias de clase media como la suya, y por la pérdida de una pierna, que le producía un dolor permanente, en un accidente de circulación. Sus primeras contribuciones iban de las reglas de selección de la mecánica cuántica y la física de estado sólido a la cosmología. Fue él quien acompañó al físico Leo Szilard a ver a Albert Einstein cuando se encontraba de vacaciones en Long Island en julio de 1939... una reunión que llevó a la carta histórica de Einstein al presidente Franklin Roosevelt en la que le apremiaba, a la vista de los acontecimientos científicos y políticos de la Alemania nazi, a desarrollar una bomba de fisión o «atómica». Reclutado para trabajar en el «Proyecto Manhattan», Teller llegó a Los Álamos y poco después se negó a colaborar... no porque le desesperara lo que podría llegar a hacer una bomba atómica, sino por lo contrario: porque quería trabajar en una arma mucho más destructiva, la bomba de fusión, termonuclear o de hidrógeno. (Si bien la bomba atómica tiene un límite superior práctico en su rendimiento o energía destructiva, la bomba de hidrógeno no lo tiene. Pero ésta necesita una bomba atómica como detonante.)

Una vez inventada la bomba de fisión, después de la rendición de Alemania y Japón, terminada la guerra, Teller siguió defendiendo con ahínco lo que se llamó «la súper», con la intención específica de intimidar a la Unión Soviética. La preocupación por la reconstrucción de la Unión Soviética,

endurecida y militarizada bajo Stalin, y la paranoia nacional en Norteamérica llamada maccarthismo le allanaron el camino. Sin embargo encontró un importante obstáculo en la persona de Oppenheimer, que se había convertido en presidente del Comité Asesor General de la Comisión de Energía Atómica de la posguerra. Teller expresó un testimonio crítico en una audiencia del gobierno cuestionando la lealtad de Oppenheimer a Estados Unidos. Se suele creer que la participación de Teller jugó un importante papel en sus repercusiones: aunque el comité de revisión no impugnó exactamente la lealtad de Oppenheimer, por algún motivo se le negó la acreditación de seguridad y fue apartado de la Comisión de Energía Atómica. Teller pudo emprender el camino hacia la «súper» libre de obstáculos.

La técnica de fabricación de un arma nuclear se suele atribuir a Teller y al matemático Stanislas Ulam. Hans Bethe, el físico premio Nobel que dirigía la división técnica del «Proyecto Manhattan» y que tuvo un papel destacado en el desarrollo de las bombas atómica y de hidrógeno, atestigua que la sugerencia original de Teller era errónea y que fue necesario el trabajo de muchas personas para hacer realidad el arma termonuclear. Con las contribuciones técnicas fundamentales de un joven físico llamado Richard Garwin, en 1952 se hizo explotar el primer «mecanismo» estadounidense termonuclear: como era muy poco manejable para llevarlo en un misil o bombardero, se hizo explotar en el mismo lugar donde se había montado. La primera bomba de hidrógeno verdadera fue una invención soviética que se hizo explotar al año siguiente. Se ha planteado el debate de si la Unión Soviética habría desarrollado una arma termonuclear si no lo hubiera hecho antes los Estados Unidos, y si realmente era necesaria el arma termonuclear estadounidense para impedir el uso soviético de la bomba de hidrógeno, dado el sustancial arsenal de armas de fisión que ya poseía entonces Estados Unidos. Las pruebas actuales indican que la Unión Soviética —incluso antes de hacer explotar su primera bomba de fisión— tenía un diseño realizable de arma termonuclear. Era «el siguiente paso lógico». Pero el conocimiento, por espionaje, de que los americanos estaban trabajando en ella aceleró la búsqueda soviética de armas de fusión.

Desde mi punto de vista, las consecuencias de una guerra nuclear global se hicieron mucho más peligrosas con la invención de la bomba de hidrógeno, porque las explosiones aéreas de las armas termonucleares son mucho más capaces de quemar ciudades y generar grandes cantidades de humo, enfriando y oscureciendo la Tierra, y de inducir un invierno nuclear a escala global. Este es quizá el debate científico más controvertido en el que me he visto envuelto (desde 1983-1990 aproximadamente). El debate tenía un enfoque político en su mayor parte. Las implicaciones estratégicas del invierno nuclear eran inquietantes para los que se aferraban a una política de



venganza masiva para impedir un ataque nuclear, o para los que deseaban conservar la opción de un primer ataque masivo. En ambos casos, las consecuencias ambientales provocan la autodestrucción de cualquier nación que lance gran número de armas termonucleares aun sin venganza del adversario. De pronto, un segmento importante de la política estratégica durante décadas y la razón para acumular decenas de miles de armas nucleares se hizo mucho menos creíble.

Los descensos de la temperatura global que se predecían en el informe científico original sobre el invierno nuclear (1983) eran de 15-20 °C; las estimaciones actuales son de 10-15 °C. Los dos valores son correctos si se consideran las irreducibles indeterminaciones de los cálculos. Ambos descensos de temperatura son mucho mayores que la diferencia entre las temperaturas globales actuales y las de la última era glacial. Un equipo internacional de doscientos científicos ha estimado las consecuencias a largo plazo de la guerra termonuclear global y ha llegado a la conclusión de que, con un invierno nuclear, la civilización global y la mayor parte de la gente de la Tierra —incluyendo los que están alejados de la zona objetivo de la latitud media norte— correría grandes riesgos, principalmente por hambre. Si alguna vez llegara a producirse una guerra nuclear a gran escala, con las ciudades como objetivo, el esfuerzo de Edward Teller y sus colegas en Estados Unidos (y el equipo ruso correspondiente dirigido por Andréi Sajárov) podría ser responsable de que se cerrara el telón del futuro humano. La bomba de hidrógeno es, con diferencia, el arma mas horrible inventada jamás.

Cuando se descubrió el invierno nuclear en 1983, Teller se apresuró a argumentar: 1) que la física estaba equivocada, y 2) que el descubrimiento se había hecho años antes bajo su tutela en el Laboratorio Nacional Lawrence Livermore. En realidad no hay ninguna prueba de este descubrimiento previo y hay una cantidad considerable de pruebas de que los encargados en todas las naciones de informar a los líderes nacionales de los efectos de las armas nucleares pasaron casi siempre por alto el invierno nuclear. Pero, si lo que decía Teller era verdad, fue una falta de conciencia flagrante por su parte no haber revelado el supuesto descubrimiento a las partes afectadas: los ciudadanos y jefes de la nación y del mundo. Como en la película de Stanley Kubrick *Doctor Strangelove ¿Teléfono rojo? Volamos hacia Moscú*, reservar la información del arma definitiva —de modo que nadie conozca su existencia ni lo que puede hacer—es completamente absurdo.

Me parece imposible que un ser humano normal colabore sin reparos en un invento así, aun dejando de lado el invierno nuclear. Las tensiones, conscientes o inconscientes, entre los que sé atribuyen el mérito de la invención deben de ser considerables. Sea cual fuere su contribución real, se ha descrito a Edward Teller como el «padre» de la bomba de hidrógeno. La

revista *Life* publicaba en 1954 un artículo escrito con admiración que describía su «determinación casi fanática» de construir la bomba de hidrógeno. Creo que gran parte de su carrera posterior puede entenderse como un intento de justificar lo que engendró. Teller ha afirmado, y no es inverosímil, que las bombas de hidrógeno sirven para mantener la paz, o al menos impiden la guerra termonuclear, porque hace demasiado peligrosas las consecuencias de la guerra entre potencias nucleares. Todavía no se ha producido una guerra nuclear, ¿no es así? Pero en todos esos argumentos se asume que las naciones con armas nucleares son y serán siempre, sin excepción, actores racionales, y que sus líderes (u oficiales militares o de la policía secreta) nunca se verán afectados por ataques de rabia, venganza y locura. En el siglo de Hitler y Stalin, esta idea parece cuando menos ingenua.

Teller ha tenido una influencia decisiva para impedir la firma de un tratado que prohibiera las pruebas de armas nucleares. Dificultó en gran manera la consecución de un tratado de limitación de pruebas (en superficie). Su argumento de que era esencial hacer pruebas en superficie para mantener y «mejorar» los arsenales nucleares, que ratificar el tratado «acabaría con la seguridad futura de nuestro país» ha demostrado ser engañoso. También ha sido un defensor vigoroso de la seguridad y efectividad de coste de las plantas de energía de fisión, y declara ser el único herido del accidente nuclear de la Isla Three Mile en Pennsylvania en 1979: según dijo, tuvo un infarto cuando discutía el tema.

Teller defendía la explosión de armas nucleares desde Alaska hasta Sudáfrica, para dragar puertos y canales, para eliminar montañas molestas y efectuar grandes traslados de tierra. Se dice que, cuando propuso un plan así a la reina Federica de Grecia, ésta le respondió: «Gracias, doctor Teller, pero Grecia ya tiene bastantes ruinas singulares.» ¿Queremos probar la relatividad general de Einstein? Pues hagamos explotar una arma nuclear en la parte más alejada del Sol, proponía Teller. ¿Queremos entender la composición química de la Luna? Pues enviemos una bomba de hidrógeno a la Luna, hagámosla explotar y examinemos el espectro del destello y la bola de fuego.

También en la década de los ochenta, Teller vendió al presidente Ronald Reagan la idea de la guerra de las galaxias, llamada por ellos «Iniciativa de Defensa Estratégica». Parece ser que Reagan se creyó la historia francamente imaginativa que le contó Teller de que era posible construir un láser de rayos X del tamaño de una mesa y ponerlo en órbita alimentado por una bomba de hidrógeno que destruiría diez mil ojivas soviéticas en vuelo y proporcionaría una protección genuina a los ciudadanos de Estados Unidos en caso de guerra termonuclear global.

Los apologistas de la administración Reagan afirman que, a pesar de las exageraciones sobre su capacidad, algunas intencionadas, la Iniciativa de

Defensa Estratégica fue la causa del colapso de la Unión Soviética. No hay ninguna prueba seria que fundamente esta opinión. Andréi Sajárov, Evgueni Velijov, Roaid Sagdeev y otros científicos que asesoraban al presidente Mijaíl Gorbachov dejaron claro que si Estados Unidos seguía adelante con un programa de guerra de las galaxias, la respuesta más fácil y segura de la Unión Soviética sería aumentar el arsenal existente de armas nucleares y sistemas de lanzamiento. En consecuencia, la guerra de las galaxias habría aumentado y no reducido el peligro de guerra termonuclear. En todo caso, los gastos soviéticos en defensa con base en el espacio contra los misiles nucleares norteamericanos eran relativamente insignificantes, de una magnitud nimia para provocar el colapso de la economía soviética. La caída de la Unión Soviética está mucho más relacionada con el fracaso de la economía planificada, la conciencia creciente del nivel de vida de Occidente, la extensión del desafecto por una ideología comunista moribunda y —aunque él no pretendiera un resultado así— la promoción por parte de Gorbachov de la *glasnost* o apertura.

Diez mil científicos e ingenieros norteamericanos declararon públicamente que no trabajarían en la guerra de las galaxias ni aceptarían dinero de la organización de la Iniciativa de Defensa Estratégica. Eso da un ejemplo de la extensión y valentía de la negativa de cooperación de los científicos (a un coste personal concebible) con un gobierno democrático que, al menos temporalmente, se había desviado de su camino.

Teller también ha defendido el desarrollo de ojivas nucleares penetrantes —para poder alcanzar y eliminar centros de comandos y refugios bajo tierra de los líderes (y sus familias) de una nación adversaria— y de ojivas nucleares de 0,1 kilotonnes que saturarían a un país enemigo y destruirían su infraestructura «sin un solo herido»: se alertaría a los civiles por adelantado. La guerra nuclear sería humana.

En el momento de escribir estas líneas, Edward Teller —todavía vigoroso y con unos poderes intelectuales considerables a sus ochenta años— ha montado una campaña, con sus contrafiguras en el *establishment* de armas nucleares de la antigua Unión Soviética, para desarrollar y hacer explotar nuevas generaciones de armas nucleares de largo alcance en el espacio a fin de destruir o desviar asteroides que podrían encontrarse en trayectorias de colisión con la Tierra. Me preocupa que la experimentación prematura con las órbitas de asteroides cercanos pueda implicar peligros extremos para nuestra especie.

El doctor Teller y yo nos hemos reunido en privado. Hemos debatido en reuniones científicas, en los medios de comunicación nacionales y en una sesión a puerta cerrada en el Congreso. Hemos tenido importantes desacuerdos, especialmente en lo relativo a la guerra de las galaxias, el

invierno nuclear y la defensa de los asteroides. Quizá todo ello sea la causa irremediable de mi opinión sobre él. Aunque ha sido siempre un ferviente anticomunista y tecnófilo, cuando repaso su vida me parece ver algo más en su intento desesperado de justificar la bomba de hidrógeno diciendo que sus efectos no eran tan malos como se podría pensar. Se puede usar para defender al mundo de otras bombas de hidrógeno, para la ciencia, para la ingeniería civil, para proteger a la población de Estados Unidos contra las armas termonucleares de un enemigo, para librar guerras humanas, para salvar al planeta de riesgos aleatorios del espacio. De algún modo, quiere creer que la especie humana reconocerá las armas termonucleares, y a él, como una salvación y no como su destrucción.

Cuando la investigación científica proporciona unos poderes formidables, ciertamente temibles, a naciones y líderes políticos falibles, aparecen muchos peligros: uno es que algunos científicos implicados pueden perder la objetividad. Como siempre, el poder tiende a corromper. En estas circunstancias, la institución del secreto es especialmente perniciosa y los controles y equilibrios de una democracia adquieren un valor especial. (Teller, que ha prosperado en la cultura del secreto, también la ha atacado repetidamente.) El inspector general de la CIA comentaba en 1995 que «el secreto absoluto corrompe absolutamente». La única protección contra un mal uso peligroso de la tecnología suele ser el debate más abierto y vigoroso. Puede ser que la pieza crítica de la argumentación sea obvia... y muchos científicos o incluso profanos la podrían aportar siempre que no hubiera represalias por ello. O podría ser algo más sutil, algo constatado por un licenciado oscuro en algún lugar remoto de Washington, D. C. que, si las discusiones fueran cerradas y altamente secretas, nunca habría tenido la oportunidad de abordar el tema.

---000---

¿Qué reino de la conducta humana es más ambiguo moralmente? Hasta las instituciones populares que se proponen aconsejarnos sobre comportamiento y ética parecen plagadas de contradicciones. Consideremos los aforismos: No por mucho madrugar amanece más temprano. Sí, pero a quien madruga Dios le ayuda. Mejor prevenir que curar; pero quien no arrisca, no aprisca. Donde fuego se hace, humo sale; pero el hábito no hace al monje. Quien espera desespera; pero mientras hay vida hay esperanza. El que duda está perdido; pero el que nada sabe, de nada duda. Dos cabezas son mejor que una; pero demasiada gallina malogra el caldo. Hubo una época en que la gente planificaba o justificaba sus acciones basándose en esos tópicos contradictorios. ¿Qué responsabilidad moral tienen los autores de proverbios?

¿O el astrólogo que se basa en los signos del sol, el lector de cartas del tarot, el profeta del periódico sensacionalista?

Consideremos si no las religiones principales. Miqueas nos exhorta a obrar con justicia y amar la piedad; en el Éxodo se nos prohíbe cometer homicidios; en el Levítico se nos ordena amar a nuestros vecinos como a nosotros mismos; y en los Evangelios se nos urge a amar a nuestros enemigos. Pensemos sin embargo en los ríos de sangre vertida por fervientes seguidores de los libros en los que se hallan esas exhortaciones bien intencionadas.

En Josué y en la segunda parte del libro de Números se celebra el asesinato masivo de hombres, mujeres y niños, hasta de animales domésticos, en una ciudad tras otra por toda la tierra de Canaán. Jericó es eliminado en una *kherem*, «guerra santa». La única justificación que se ofrece para este asesinato masivo es la declaración de los asesinos de que, a cambio de circuncidar a sus hijos y adoptar una serie de rituales particulares, se prometió a sus antepasados mucho tiempo atrás que aquella tierra sería suya. No se puede encontrar ni un asomo de autorreproche ni un murmullo de inquietud patriarcal o divina ante esas campañas de exterminio en las Sagradas Escrituras. En cambio, Josué «consagró a todos los seres vivientes al anatema, como Yahvé, el Dios de Israel, le había ordenado» (Josué, 10, 40). Y esos acontecimientos no son incidentales sino centrales en la narración principal del Antiguo Testamento. Hay historias similares de asesinato masivo (y en el caso de los amalequitas, genocidio) en los libros de Saúl, Esther y otras partes de la Biblia, con apenas un atisbo de duda moral. Todo ello, desde luego, era perturbador para los teólogos liberales de una época más tardía.

Se dice con razón que el diablo puede «citar las Escrituras para su propósito». La Biblia está tan llena de historias de propósito moral contradictorio que cada generación puede encontrar justificación para casi cada acción que propone: desde el incesto, la esclavitud y el asesinato masivo hasta el amor más refinado, la valentía y el autosacrificio. Y este trastorno moral múltiple de personalidad no está limitado al judaísmo y al cristianismo. Se puede encontrar dentro del Islam, en la tradición hindú, ciertamente en casi todas las religiones del mundo. Así pues, no son los científicos los que son moralmente ambiguos sino la gente en general.

Creo que es tarea particular de los científicos alertar al público de los peligros posibles, especialmente los que derivan de la ciencia o se pueden prevenir mediante la aplicación de la ciencia. Podría decirse que una misión así es profética. Desde luego, las advertencias deben ser juiciosas y no más alarmantes de lo que exige el peligro; pero si tenemos que cometer errores, teniendo en cuenta lo que está en juego, que sea por el lado de la seguridad.

Entre los cazadores y recolectores Kung San del desierto del Kalahari, cuando dos hombres, quizá inflamados por la testosterona, empiezan a discutir, las mujeres les quitan las flechas envenenadas y las ponen fuera de su alcance. Hoy en día, nuestras flechas envenenadas pueden destruir la civilización global y posiblemente aniquilar a nuestra especie. Ahora, el precio de la ambigüedad moral es demasiado alto. Por esta razón — y no por su aproximación al conocimiento— la responsabilidad ética de los científicos también debe ser muy alta, sin precedentes. Desearía que los programas universitarios de ciencia plantearan explícita y sistemáticamente estas cuestiones con científicos e ingenieros experimentados. Y a veces me pregunto si, en nuestra sociedad, también las mujeres —y los niños— acabarán poniendo las flechas envenenadas fuera de nuestro alcance.

**CAPÍTULO 17**

**UN MATRIMONIO  
ENTRE  
EL ESCEPTICISMO  
Y EL ASOMBRO**

Nada es demasiado maravilloso  
para ser verdad.

Afirmación atribuida a MICHAEL  
FARADAY (1791-1867)

La percepción, sin comprobación ni  
fundamento, no es garantía suficiente de  
la verdad.

BERTRAND RUSSELL, *Misticismo y lógica*  
(1929)



Cuando al atestiguar en un juicio se nos pide que juremos decir «la verdad, toda la verdad y nada más que la verdad», se nos pide lo imposible. Simplemente, es superior a nuestros poderes. Nuestros recuerdos son falibles; incluso la verdad científica es una mera aproximación, y lo ignoramos casi todo del universo. A pesar de todo, de nuestro testimonio puede depender una vida. Sería razonable que nos hicieran jurar decir la verdad, toda la verdad y nada más que la verdad *hasta el límite de nuestras posibilidades*. Pero, sin la frase calificativa, queda fuera de nuestro alcance. Sin embargo, por mucho que concuerde con la realidad humana, esta calificación es inaceptable para cualquier sistema legal. Si todo el mundo dijera la verdad sólo hasta un grado determinado por el juicio individual, se podrían ocultar acusaciones o hechos dudosos, ensombrecer los acontecimientos, ocultar la culpabilidad, evadir la responsabilidad y negar la justicia. Así pues, la ley aspira a un nivel de precisión imposible y nosotros hacemos lo que podemos.

En el proceso de selección de un jurado, el tribunal necesita la garantía de que el veredicto se base en las pruebas. Hace esfuerzos heroicos para eliminar juicios tendenciosos. Es consciente de la imperfección humana. ¿El miembro potencial del jurado conoce personalmente al fiscal, o al abogado de la acusación o de la defensa? ¿Y al juez o a otros miembros del jurado? ¿Se ha formado una opinión del caso, no a partir de los hechos planteados en el tribunal, sino de la publicidad previa al juicio? ¿Adjudicará mayor o menor peso a las pruebas de los oficiales de la policía que a las de los testigos del acusado? ¿Tiene algún prejuicio contra el grupo étnico del acusado? ¿Vive el miembro potencial del jurado en el vecindario donde se cometieron los crímenes; podría influir esto en su juicio? ¿Tiene una preparación científica sobre los asuntos de los que atestiguan los testigos? (Tenerla suele ser un dato en contra.) ¿Tiene algún familiar que trabaje en la policía o en el poder judicial? ¿Ha tenido algún encuentro con la policía que pudiera influir en su criterio? ¿Algún amigo o familiar suyo ha sido arrestado alguna vez por una acusación similar?

El sistema americano de jurisprudencia reconoce un amplio espectro de factores, predisposiciones, prejuicios y experiencias que podrían nublar nuestro juicio o afectar a nuestra objetividad muchas veces sin que seamos conscientes de ello. Llega a extremos a veces incluso extravagantes para salvaguardar el proceso de valoración en un juicio penal de las debilidades humanas de los que deben decidir sobre la inocencia o culpabilidad del acusado. Aun así, en muchas ocasiones el proceso fracasa.

¿Por qué aspiramos a menos cuando interrogamos el mundo natural o intentamos decidir sobre asuntos vitales de política, economía, religión y ética?

La ciencia, aplicada con coherencia, a cambio de sus muchos dones impone cierta carga onerosa: se nos exhorta, por muy incómodo que pueda ser, a considerarnos científicamente a *nosotros mismos* y nuestras instituciones culturales, a no aceptar lo que se nos dice sin crítica; a superar como podamos nuestras esperanzas, presunciones y creencias no examinadas; a vernos a nosotros mismos como realmente somos. ¿Podemos dedicarnos a conciencia y con valentía a seguir el movimiento planetario o la genética de las bacterias hasta donde nos lleve la investigación y declarar al mismo tiempo que el origen de la materia o el comportamiento humano están más allá de nuestro alcance? Como el poder explicativo de la ciencia es tan grande, en cuanto se capta el truco del razonamiento científico, uno está dispuesto a aplicarlo a todo. Sin embargo, mientras miramos profundamente en nuestro interior, somos capaces de desafiar ideas que nos dan consuelo ante los terrores del mundo. Soy consciente de que parte de los comentarios del capítulo precedente, por ejemplo, pueden tener un carácter así.

Cuando los antropólogos revisan los miles de culturas y etnias distintas que comprende la familia humana, se sorprenden de que haya tan pocas características constantes y siempre presentes por muy exótica que sea la sociedad. Hay culturas, por ejemplo —la ik de Uganda es una de ellas— en las que los Diez Mandamientos parecen ser ignorados sistemática e institucionalmente. Hay sociedades que abandonan a sus viejos y recién nacidos, se comen a sus enemigos, utilizan conchas marinas, cerdos o mujeres jóvenes como moneda de cambio. Pero el incesto es un fuerte tabú para todas, todas usan la tecnología y casi todas creen en un mundo sobrenatural de dioses y espíritus... a menudo relacionados con el entorno natural que habitan y el bienestar de las plantas y animales que comen. (Las que tienen un dios supremo que vive en el cielo tienden a mostrarse más feroces, por ejemplo, torturando a sus enemigos. Pero eso es sólo una correlación estadística; no se ha establecido un vínculo causal, aunque naturalmente las especulaciones surgen sin esfuerzo.)

En toda sociedad así hay un mundo de mito y metáfora que coexiste con el mundo del trabajo cotidiano. Se hacen esfuerzos para reconciliarlos y se tienden a ignorar los bordes desiguales de la ensambladura. Hacemos compartimentos. Algunos científicos también lo hacen y pueden pasar sin esfuerzo del mundo escéptico de la ciencia al mundo crédulo de la fe religiosa sin ningún problema. Desde luego, cuanto mayor es la inadaptación entre esos dos mundos, más difícil es estar cómodo en ambos sin trastornos de conciencia.

En una vida corta e incierta parece cruel hacer algo que pueda privar a la gente del consuelo de la fe cuando la ciencia no puede remediar su angustia. Los que no pueden soportar la carga de la ciencia son libres de ignorar sus preceptos. Pero no puede servirse la ciencia en porciones aplicándola donde nos da seguridad e ignorándola donde nos amenaza... nuevamente, porque no somos bastante sabios para hacerlo. Excepto si se divide el cerebro en compartimentos estancos, ¿cómo es posible volar en aviones, escuchar la radio o tomar antibióticos sosteniendo al mismo tiempo que la Tierra tiene unos diez mil años de antigüedad y que todos los de sagitario son gregarios y afables?

¿He oído alguna vez a un escéptico que se creyera superior y despreciativo? Sin duda. A veces incluso he oído ese tono desagradable, y me aflige recordarlo, en mi propia voz. Hay imperfecciones humanas en todas partes. Incluso cuando se aplica con sensibilidad, el escepticismo científico puede parecer arrogante, dogmático, cruel, despreciativo de los sentimientos y creencias profundas de otros. Y debo decir que algunos científicos y escépticos consagrados aplican esta herramienta como si fuera un instrumento basto, con poca finura. A veces parece que la conclusión escéptica haya surgido antes, que se ignoren las opiniones sin haber examinado previamente las pruebas. Todos tenemos en gran estima nuestras creencias. Son definitivas hasta cierto punto. Cuando aparece alguien que desafía nuestro sistema de creencia porque considera que la base no es buena —o que, como Sócrates, se limita a hacer preguntas molestas que no se nos habían ocurrido o nos demuestran que hemos escondido bajo la alfombra las presunciones subyacentes clave— se convierte en mucho más que una búsqueda de conocimiento. Lo sentimos como un ataque personal.

El científico que propuso por primera vez consagrar la duda como una virtud principal de la mente inquisidora dejó claro que era una herramienta y no un fin en sí misma. Rene Descartes escribió:

No imité a los escépticos que dudan sólo por dudar y simulan estar siempre indecisos; al contrario, mi intención era llegar a una certeza, y excavar el polvo y la arena hasta llegar a la roca o la arcilla de debajo.

En la manera en que se aplica a veces el escepticismo a temas de interés público hay una tendencia a minimizar, condescender, ignorar el hecho de que, engañados o no, los partidarios de la superstición y la pseudociencia son seres humanos con sentimientos reales que, como los escépticos, intentan descubrir cómo funciona el mundo y cuál podría ser nuestro papel en él. Sus motivos, en muchos casos, coinciden con la ciencia. Si su cultura no les ha dado todas las herramientas que necesitan para

emprender esta gran búsqueda, templemos nuestras críticas con la amabilidad. Ninguno de nosotros llega totalmente equipado.

Está claro que el uso del escepticismo tiene límites. Debe aplicarse algún análisis de coste-beneficio y si el confort, el consuelo y la esperanza que ofrecen el misticismo y la superstición son altos, y el peligro de creer en ellos es bajo, ¿no deberíamos guardarnos nuestros recelos? Pero el tema es engañoso. Imagínese que entra en un taxi de una gran ciudad y, en el momento en que se sienta, el taxista le empieza a arengar sobre las supuestas iniquidades e inferioridades de cierto grupo étnico. ¿Es mejor mantenerse callado, sabiendo que quien calla otorga? ¿O tiene la responsabilidad moral de discutir con él, expresar indignación, incluso bajar del taxi, porque sabe que el silencio le alentará la próxima vez mientras que disentir con vigor le obligará a pensárselo dos veces? Del mismo modo, si asentimos en silencio al misticismo y la superstición —incluso cuando parecen ser un poco benignos— somos cómplices de un clima general en el que el escepticismo se considera poco correcto, la ciencia tediosa y el pensamiento riguroso un poco envarado e inadecuado. Para conseguir un equilibrio prudente se necesita sabiduría.

---000---

El Comité de Investigación Científica de Declaraciones Paranormales es una organización de científicos, académicos, magos y otros dedicados al examen escéptico de pseudociencias emergentes o en pleno desarrollo. Fue fundado por el filósofo de la Universidad de Buffalo Paul Kurtz en 1976. He estado afiliado a él desde el principio. Su acrónimo, CSICOP, se pronuncia «scicop», como si se tratara de una organización de científicos que realizan una función de policía. Las críticas que presentan los que se sienten heridos por los análisis que hace el CSICOP suelen ser así: es hostil a toda nueva idea, dicen, serían capaces de llegar a unos niveles absurdos en su rígido desenmascaramiento, es una organización vigilante, una nueva Inquisición, y así sucesivamente.

El CSICOP *es* imperfecto. En algunos casos, esta crítica está justificada hasta cierto punto. Pero, desde mi punto de vista, el CSICOP cumple una importante función social: como organización conocida a la que pueden dirigirse los medios de comunicación cuando desean oír la otra parte de la historia, especialmente cuando se decide que alguna afirmación asombrosa de pseudociencia merece salir en las noticias. Solía ocurrir (y todavía es así en gran parte de los medios de comunicación globales) que, cuando salía un gurú que levitaba, un visitante extraterrestre, un canalizador o

un curandero en los medios de comunicación, se trataba el tema sin profundidad ni crítica. No se presentaba ninguna memoria en el estudio de televisión, diario o revista sobre otras afirmaciones similares que habían demostrado ser patrañas y engaños. El CSICOP representa un contrapeso, aunque su voz todavía no es bastante alta ante la credulidad en la pseudociencia que parece intrínseca a gran parte de los medios de comunicación.

Una de mis tiras humorísticas favoritas muestra a un adivino que analiza la palma de la mano de alguien para llegar con gravedad a la conclusión: «Usted es muy crédulo.» El CSICOP publica un periódico bimensual llamado *The Skeptical Inquirer*. El día que llega, me lo llevo de la oficina a casa y lo hojeo intrigado para saber qué nuevas confusiones se revelarán. Siempre aparece un engaño en el que no había pensado nunca. ¡Círculos en los campos de cultivo! ¡Los extraterrestres han venido y han dibujado círculos perfectos y mensajes matemáticos sobre los trigales!... ¿A quién se le podía ocurrir algo así? Un medio artístico tan improbable. O han venido y, han sacado las visceras a las vacas... a gran escala, sistemáticamente. Los granjeros están furiosos. Al principio me impresiona la inventiva de las historias. Pero luego, con una reflexión más sobria, siempre me asombra lo aburridos y rutinarios que son los relatos; qué recopilación de ideas más poco imaginativas y estancas, chauvinismos, esperanzas y temores disfrazados de hechos. Las opiniones, desde este punto de vista, son sospechosas a primera vista. ¿Eso es todo lo que pueden concebir que hacen los extraterrestres... círculos en el trigo? ¡Qué falta de imaginación! En cada tema queda revelada y criticada otra faceta de la pseudociencia.

Y, sin embargo, la principal deficiencia que veo en el movimiento escéptico está en su polarización. Nosotros contra Ellos, la idea de que nosotros tenemos un monopolio sobre la verdad; que esos otros que creen en todas esas doctrinas estúpidas son imbéciles; que si eres sensato, nos escucharás; y si no, ya no hay quien te redima. Eso es poco constructivo. No comunica ningún mensaje. Condena a los escépticos a una condición permanente de minoría; mientras que una aproximación compasiva que reconozca desde el principio las raíces humanas de la pseudociencia y la superstición podría ser aceptada mucho más ampliamente.

Si entendemos eso, sentimos desde luego la incertidumbre y dolor de los abducidos, de los que no se atreven a salir de casa sin consultar el horóscopo o los que cifran sus esperanzas en los cristales de la Atlántida. Y esa compasión por almas gemelas en una búsqueda común también sirve para hacer menos antipática la ciencia y el método científico a los jóvenes.

Muchos sistemas pseudocientíficos y de la Nueva Era surgen de la insatisfacción con los valores y perspectivas convencionales... y son por tanto

en sí mismos una especie de escepticismo. (Lo mismo es cierto del origen de la mayoría de las religiones.) David Hess (en *Ciencia y la Nueva Era*) argumenta que:

el mundo de las creencias y prácticas paranormales no puede reducirse a chiflados, perturbados y charlatanes. Un gran número de personas honestas está explorando aproximaciones alternativas a cuestiones de significado personal, espiritualidad, curaciones y de experiencia paranormal en general. Puede que el escéptico considere que su búsqueda se basa claramente en un engaño, pero es poco probable que desenmascararlo sea un mecanismo retórico efectivo para su proyecto racionalista de hacer que la [gente] reconozca lo que al escéptico le parece erróneo o pensamiento mágico.

...el escéptico podría tomar una clave de la antropología cultural y desarrollar un escepticismo más sofisticado si comprendiera los sistemas de creencia alternativos desde la perspectiva de las personas que los mantienen, y situara esas creencias en sus contextos históricos, sociales y culturales. Como resultado, el mundo de lo paranormal puede aparecer menos un giro sin sentido hacia el irracionalismo y más un idioma mediante el que segmentos de la sociedad expresan sus conflictos, dilemas e identidades...

La teoría psicológica o sociológica de las creencias de la Nueva Era que tienen hasta cierto punto los escépticos tiende a ser muy simplista: las creencias paranormales son «reconfortantes» para la gente que no puede manejar la realidad de un universo ateo o es el producto de un medio de comunicación irresponsable que no alienta al público a pensar críticamente...

Pero la justa crítica de Hess se deteriora rápidamente cuando apunta que los parapsicólogos «han visto arruinadas sus carreras por culpa de colegas escépticos» y que los escépticos muestran «una especie de celo religioso por defender la visión del mundo materialista y ateo que remite a lo que se ha llamado "fundamentalismo científico" o "racionalismo irracional"».

Es una queja común pero profundamente misteriosa para mí, y ciertamente oculta. Vuelvo a decir que sabemos mucho sobre la existencia y las propiedades de la materia. Si se puede entender un fenómeno determinado de manera verosímil en términos de materia y energía, ¿por qué debemos plantear la hipótesis de que sea otra cosa —de la que todavía no tenemos buenas pruebas— la causante? Sin embargo, se mantiene la queja: los escépticos no aceptarán que hay un dragón invisible que escupe fuego en el garaje porque son todos unos materialistas ateos.

En *Ciencia en la Nueva Era* se comenta el escepticismo pero no se entiende, y sin duda no se practica. Se citan todo tipo de declaraciones paranormales, se «deconstruye» a los escépticos, pero no se puede llegar a saber al leerlo si las afirmaciones de la Nueva Era o parapsicológicas son prometedoras o falsas. Todo depende, como en muchos textos posmodernos, de la fuerza de los sentimientos de la gente y de cuáles sean sus tendencias.

Robert Antón Wilson —en *The New Inquisition: Irrational Rationalism and the Citadel of Science* (Phoenix, Falcon Press, 1986)— describe a los escépticos como la «Nueva Inquisición». Pero, según mi conocimiento, ningún escéptico impone una creencia. Ciertamente, en la mayoría de los documentales y debates de la televisión se da poca entrada a los escépticos y muy poco tiempo de emisión. Todo lo que ocurre es que algunas doctrinas y métodos son criticados —y en el peor de los casos ridiculizados— en revistas como *The Skeptical Inquirer* con una tirada de decenas de miles de ejemplares. No se llama a declarar a los visionarios de la Nueva Era ante tribunales penales como en tiempos anteriores, ni se los flagela por tener visiones y, ciertamente, no se los quema en la hoguera. ¿Por qué este temor a un poco de crítica? ¿No nos interesa ver cómo se mantienen nuestras creencias ante los mejores argumentos en contra que pueden reunir los escépticos?

---000---

Quizá un uno por ciento de las veces una idea que parece no diferenciarse demasiado de las habituales de la pseudociencia resultará ser verdad. Quizá se encontrará en el lago Ness o en la República del Congo algún reptil no descubierto, un remanente del período cretácico; o encontraremos artefactos de una especie avanzada no humana en alguna parte del sistema solar. En el momento de escribir estas líneas hay tres afirmaciones en el campo de la percepción extrasensorial que, en mi opinión, merecen un estudio serio: 1) que sólo con el pensamiento los humanos pueden afectar (apenas) a los generadores de números aleatorios en los ordenadores; 2) que la gente sometida a una privación sensorial ligera puede recibir pensamientos o imágenes «proyectados», y 3) que los niños pequeños a veces hablan de detalles de una vida anterior que, si se comprueban, resultan muy precisos y sólo podrían haberlos sabido mediante la reencarnación. Elijo esas afirmaciones no porque crea que probablemente sean válidas (que no lo creo), sino como ejemplos de opiniones que podrían ser verdad. Las tres citadas tienen al menos un fundamento experimental, aunque todavía dudoso. Desde luego, podría equivocarme.

A mediados de la década de los setenta, un astrónomo al que admiro redactó un modesto manifiesto llamado «Objeciones a la astrología» y me pidió que lo firmara. Después de lidiar con las palabras, al final fui incapaz de firmar... no porque pensara que la astrología tenía algún tipo de validez, sino porque me pareció (y todavía me lo parece) que el tono de la declaración era autoritario. Criticaba la astrología porque sus orígenes estaban envueltos

en la superstición. Pero eso también ocurre con la religión, la química, la medicina y la astronomía, por mencionar sólo cuatro temas. Lo importante no es el origen vacilante y rudimentario del conocimiento de la astrología, sino su validez presente. Había también especulaciones sobre las motivaciones psicológicas de los que creen en la astrología. Esas motivaciones —por ejemplo, la sensación de impotencia en un mundo complejo, perturbador e impredecible— podrían explicar por qué la astrología no recibe generalmente el escrutinio escéptico que merece, pero no afecta para nada al aspecto de si funciona o no.

La declaración subrayaba que no se nos ocurre ningún mecanismo mediante el cual pueda funcionar la astrología. Es ciertamente un punto relevante, pero poco convincente por sí mismo. No se conocía ningún mecanismo para la deriva continental (ahora integrada en la tectónica de placas) cuando Alfred Wegener la propuso en el primer cuarto del siglo XX para explicar una serie de datos confusos en geología y paleontología. (Las vetas de rocas que contienen mineral y los fósiles parecían ir de manera continua desde la parte oriental de Sudamérica hasta el oeste de África: ¿eran contiguos los dos continentes y el océano Atlántico es nuevo en nuestro planeta?) La idea fue rechazada rotundamente por todos los grandes geofísicos, que estaban seguros de que los continentes estaban fijos, que no flotaban sobre nada y que, por tanto, era imposible que «derivaran». En cambio, la idea clave de la geofísica en el siglo XX resulta ser la tectónica de placas; ahora entendemos que las placas continentales flotan realmente y «derivan» (o mejor, son llevadas por una especie de cinta transportadora dirigida por el gran motor de calor del interior de la Tierra) y que aquellos grandes geofísicos, simplemente, estaban equivocados. Las objeciones a la pseudociencia basadas en un mecanismo del que no disponemos pueden ser erróneas... aunque si las opiniones violan leyes de física bien establecidas, las objeciones tienen un gran peso.

En unas cuantas frases se puede formular un buen número de críticas válidas de la astrología: por ejemplo, su aceptación de la precesión de los equinoccios al anunciar una «era de Acuario» y su rechazo de la precesión de equinoccios al hacer horóscopos; su ignorancia de la refracción atmosférica; su lista de objetos supuestamente celestiales que se limita principalmente a objetos conocidos por Tolomeo en el siglo II e ignora una enorme variedad de nuevos objetos astronómicos descubiertos desde entonces (¿dónde está la astrología de asteroides cercanos a la Tierra?); la incoherente demanda de información detallada sobre el momento del nacimiento en comparación con la latitud y longitud de nacimiento; la imposibilidad de la astrología de pasar el test de los gemelos idénticos; las importantes diferencias en horóscopos hechos a partir de la misma información de nacimiento por diferentes



astrólogos, y la ausencia demostrada de correlación entre los horóscopos y los tests psicológicos, como el Inventario Multifásico de Personalidad de Minnesota.

Yo habría firmado encantado una declaración que describiera y refutara los dogmas principales de la fe en la astrología. Una declaración así habría sido mucho más persuasiva que la que realmente se publicó y circuló. Pero la astrología, que lleva cuatro mil años o más con nosotros, parece hoy más popular que nunca. Al menos un cuarto de todos los estadounidenses, según las encuestas de opinión, «creen» en la astrología. Un tercio cree que la astrología de signos del sol es «científica». La fracción de niños escolares que cree en la astrología aumentó del cuarenta al cincuenta y nueve por ciento entre 1978 y 1984. Quizá haya diez veces más astrólogos que astrónomos en Estados Unidos. En Francia hay más astrólogos que curas católicos romanos. El rechazo envarado de un coro de científicos no establece contacto con las necesidades sociales que la astrología —por muy inválida que sea— afronta y la ciencia no.

---000---

Como he intentado subrayar, en el corazón de la ciencia hay un equilibrio esencial entre dos actitudes aparentemente contradictorias: una apertura a nuevas ideas, por muy extrañas y contrarias a la intuición que sean, y el examen escéptico más implacable de todas las ideas, viejas y nuevas. Así es como se avenían las verdades profundas de las grandes tonterías. La empresa colectiva del pensamiento creativo y el pensamiento escéptico, unidos en la tarea, mantienen el tema en el buen camino. Esas dos actitudes aparentemente contradictorias, sin embargo, están sometidas a cierta tensión.

Consideremos esta afirmación: cuando ando, el tiempo —medido por mi reloj de pulsera o mi proceso de envejecimiento— aminora la marcha. O bien: me encojo en la dirección del movimiento. O bien: me hago más grande. ¿Quién ha sido testigo jamás de algo así? Es fácil rechazarlo de entrada. Aquí hay otra: la materia y la antimateria se están creando constantemente, en todo el universo, a partir de la nada. Una tercera: alguna vez, muy ocasionalmente, su coche atraviesa espontáneamente la pared de ladrillo del garaje y a la mañana siguiente lo encuentra en la calle. ¡Son absurdas! Pero la primera es la declaración de la relatividad especial y las otras dos son consecuencias de la mecánica cuántica ('fluctuaciones de vacío')

y 'efecto túnel,' se llaman)<sup>33</sup>. Nos guste o no, así es el mundo. Si uno insiste en que es ridículo, estará cerrado para siempre a algunos de los mayores descubrimientos sobre las reglas que gobiernan el universo.

Si uno es sólo escéptico, las nuevas ideas no le llegarán. Nunca aprenderá nada. Se convertirá en un misántropo excéntrico convencido de que el mundo está gobernado por la tontería. (Desde luego, hay muchos datos que avalan esta opinión.) Como los grandes descubrimientos en los límites de la ciencia son raros, la experiencia tenderá a confirmar su malhumor. Pero de vez en cuando aparece una nueva idea, válida y maravillosa, que parece dar en el clavo. Si uno es demasiado decidido e implacablemente escéptico, se perderá (o tomará a mal) los descubrimientos transformadores de la ciencia y entorpecerá de todos modos la comprensión y el progreso. El mero escepticismo no basta.

Al mismo tiempo, la ciencia requiere el escepticismo más vigoroso e implacable porque la gran mayoría de las ideas son simplemente erróneas, y la única manera de separar el trigo de la paja es a través del experimento y el análisis crítico. Si uno está abierto hasta el punto de la credulidad y no tiene ni un gramo de sentido escéptico dentro, no puede distinguir las ideas prometedoras de las que no tienen valor. Aceptar sin crítica toda noción, idea e hipótesis equivale a no saber nada. Las ideas se contradicen una a otra; sólo mediante el escrutinio escéptico podemos decidir entre ellas. Realmente, hay ideas mejores que otras.

La mezcla juiciosa de esos dos modos de pensamiento es central para el éxito de la ciencia. Los buenos científicos hacen ambas cosas. Por su parte, hablando entre ellos, desmenuzan muchas ideas nuevas y las critican sistemáticamente. La mayoría de las ideas nunca llegan al mundo exterior. Sólo las que pasan una rigurosa filtración llegan al resto de la comunidad científica para ser sometidas a crítica.

Debido a esta autocrítica y crítica mutua tenaz, y a la confianza apropiada en el experimento como árbitro entre hipótesis en conflicto, muchos científicos tienden a mostrar desconfianza a la hora de describir su propio asombro ante la aparición de una gran hipótesis. Es una lástima, porque esos raros momentos de exultación humanizan y hacen menos misterioso el comportamiento científico.

Nadie puede ser totalmente abierto o completamente escéptico.<sup>34</sup> Todos debemos trazar la línea en alguna parte. Un antiguo proverbio chino advierte: «Es mejor ser demasiado crédulo que demasiado escéptico», pero

---

<sup>33</sup> El tiempo de espera medio para el rebosamiento estocástico es *mucho* más largo que la edad del universo desde el big bang. Pero, por improbable que sea, en principio podría ocurrir mañana.

<sup>34</sup> Y en algunos casos el escepticismo sería simplemente una tontería, como por ejemplo al aprender a deletrear.

eso viene de una sociedad extremadamente conservadora en la que se primaba mucho más la estabilidad que la libertad y en la que los gobernantes tenían un poderoso interés personal en no ser desafiados. Creo que la mayoría de los científicos dirían: «Es mejor ser demasiado escépticos que demasiado crédulos.» Pero ninguno de los dos caminos es fácil. El escepticismo responsable, minucioso y riguroso requiere un hábito de pensamiento cuyo dominio exige práctica y preparación. La credulidad —creo que aquí es mejor la palabra «apertura mental» o «asombro»— tampoco llega fácilmente. Si realmente queremos estar abiertos a ideas antiintuitivas en física, organización social o cualquier otra cosa, debemos entenderlas. No tiene ningún valor estar abierto a una proposición que no entendemos.

Tanto el escepticismo como el asombro son habilidades que requieren atención y práctica. Su armonioso matrimonio dentro de la mente de todo escolar debería ser un objetivo principal de la educación pública. Me encantaría ver una felicidad tal retratada en los medios de comunicación, especialmente la televisión: una comunidad de gente que aplicara realmente la mezcla de ambos casos—llenos de asombro, generosamente abiertos a toda idea sin rechazar nada si no es por una buena razón pero, al mismo tiempo, y como algo innato, exigiendo niveles estrictos de prueba— y aplicara los estándares al menos con tanto rigor hacia lo que les gusta como a lo que se sienten tentados a rechazar.

**CAPÍTULO 18**

**EL VIENTO**

**LEVANTA**

**POLVO**

... el viento levanta polvo porque intenta soplar, llevándose nuestras huellas.

Ejemplos de folclore bosquimano,  
W. H. I. BLEEK y L. C. LLOYD,  
recopiladores, L. C. LLOYD, editor  
(1911)

..".cada vez que un salvaje rastrea la caza emplea una minuciosidad de observación y una precisión de razonamiento inductivo y deductivo que, aplicado a otros asuntos, le darían una reputación de hombre de ciencia... el trabajo intelectual de un «buen cazador o guerrero» supera de manera considerable el de un inglés ordinario.

THOMAS H. HUXLEY, ;  
*Collected Essays*, vol. II  
*Darviniana: Essays*  
(Londres, Macmillan, 1907),  
pp.175-176  
[de «Mr. Darwin's Critics» (1871)]

¿Por qué tanta gente encuentra que la ciencia es difícil de aprender y difícil de enseñar? He intentado sugerir algunas razones:

su precisión, sus aspectos antiintuitivos y perturbadores, la perspectiva de mal uso, su independencia de la autoridad, y así sucesivamente. Pero ¿hay algo más en el fondo? Alan Cromer es un profesor de física de la Universidad del Nordeste de Boston que se sorprendió al encontrar tantos estudiantes incapaces de entender los conceptos más elementales en su clase de física. En *Sentido poco común: la naturaleza herética de la ciencia* (1993), Cromer propone que la ciencia es difícil porque es nueva. Nosotros, una especie que tiene unos cientos de miles de años de antigüedad, descubrimos el método científico hace sólo unos siglos, dice. Como la escritura, que tiene sólo unos milenios de antigüedad, todavía no le hemos cogido el truco... o al menos no sin un estudio muy serio y atento.

Cromer sugiere que, de no haber sido por una improbable concatenación de acontecimientos históricos, nunca habríamos inventado la ciencia:

Esta hostilidad hacia la ciencia, a la vista de sus triunfos y beneficios obvios, es... prueba de que es algo que se encuentra fuera del desarrollo humano normal, quizá un accidente.

La civilización china inventó los tipos móviles, la pólvora, el cohete, la brújula magnética, el sismógrafo y las observaciones sistemáticas de los cielos. Los matemáticos indúes inventaron el cero, la clave de la aritmética posicional y por tanto de la ciencia cuantitativa. La civilización azteca desarrolló un calendario mucho mejor que el de la civilización europea que la invadió y destruyó; pudieron predecir mejor, y durante períodos más largos, dónde estarían los planetas. Pero ninguna de estas civilizaciones, afirma Cromer, había desarrollado el método escéptico, inquisitivo y experimental de la ciencia. Todo eso vino de la antigua Grecia:

El desarrollo del pensamiento objetivo por parte de los griegos parece haber requerido una serie de factores culturales específicos. Primero estaba la asamblea, donde los hombres aprendieron por primera vez a convencerse unos a otros mediante un debate racional. En segundo lugar había una economía marítima que impedía el aislamiento y el provincianismo. En tercer lugar estaba la existencia de un extenso mundo de habla griega por el cual podían vagar viajeros y académicos. En cuarto lugar, la existencia de una clase comercial independiente que podía contratar a sus propios maestros. En quinto lugar, la *Ilíada* y la *Odisea*, obras maestras de la literatura que son en sí mismas el epítome del pensamiento racional liberal. En sexto lugar, una religión literaria no dominada por los curas. Y en séptimo lugar, "la persistencia de esos factores durante mil años.

Que todos esos factores se unieran en una gran civilización es bastante fortuito; no ocurrió dos veces.

Me siento solidario con parte de estas tesis. Los antiguos jonios fueron los primeros, según nuestro conocimiento, que arguyeron sistemáticamente que las leyes y fuerzas de la naturaleza, no los dioses, son responsables del orden e incluso de la existencia del mundo. Sus puntos de vista, como los resumió Lucrecio, eran: «La naturaleza libre y desprovista de sus altivos señores se ve como actriz espontánea de todas las cosas sin intervención de los dioses.» Sin embargo, excepto en la primera semana de los cursos de introducción a la filosofía, los nombres e ideas de los primeros jonios no se mencionan casi nunca en nuestra sociedad. Los que rechazan a los dioses tienden a ser olvidados. No deseamos conservar el recuerdo de escépticos como ellos, menos aún sus ideas. Puede ser que hayan aparecido héroes que intentasen explicar el mundo en términos de materia y energía muchas veces y en muchas culturas, sólo para ser ignorados por curas y filósofos encargados de la sabiduría convencional... igual que el enfoque jónico se perdió casi completamente después de la época de Platón y Aristóteles. Con muchas culturas y experimentos de este tipo, puede ser que las ideas sólo echen raíces en raras ocasiones.

Las plantas y los animales se empezaron a domesticar y la civilización empezó hace sólo diez mil o doce mil años. El experimento jónico tiene dos mil quinientos años de antigüedad. Fue casi totalmente suprimido. Podemos ver avances hacia la ciencia en la antigua China, India, y cualquier parte, aunque fueran vacilantes, incompletos y dieran poco fruto. Pero supongamos que los jónicos no hubieran existido nunca y que la ciencia y las matemáticas griegas no hubieran florecido nunca. ¿Sería posible que en la historia de la especie humana no hubiera emergido la ciencia? O, en la madeja de las muchas culturas y alternativas históricas, ¿no es probable que antes o después entrara en juego la combinación correcta de factores en algún otro sitio... en las islas de Indonesia, por ejemplo, o en el Caribe, en los

aledaños de una civilización mesoamericana no afectada por los conquistadores, o en las colonias escandinavas a orillas del mar Negro?

Creo que el impedimento para el pensamiento científico no es la dificultad del tema. Las hazañas intelectuales complejas han sido fundamento incluso de culturas oprimidas. Los chamanes, magos y teólogos dominan con gran habilidad sus artes complejas y arcanas. No, el impedimento es político y jerárquico. En las culturas que carecen de desafíos poco familiares, externos o internos, donde no se necesita un cambio fundamental, no hace falta alentar las nuevas ideas. Ciertamente, se puede declarar que las herejías son peligrosas; se puede hacer rígido el pensamiento y aplicarse sanciones contra ideas no permisibles... todo sin causar grandes daños. Pero, en circunstancias medioambientales biológicas o políticas variadas y cambiantes, el simple hecho de copiar las formas antiguas ya no funciona. En este caso, los que, en lugar de seguir ciegamente la tradición o intentar introducir sus preferencias en el universo físico o social, están abiertos a lo que enseña el universo, son merecedores de premio. Cada sociedad debe decidir dónde se encuentra el límite seguro en la línea que separa apertura y rigidez.

Los matemáticos griegos dieron un brillante paso adelante. Por otro lado, la ciencia griega —con sus primeros pasos rudimentarios y a menudo no contrastados por el experimento— estaba llena de errores. A pesar del hecho que no podemos ver en la oscuridad total, creían que la visión depende de una especie de radar que emana del ojo, rebota en lo que vemos y vuelve al ojo. (No obstante, hicieron progresos sustanciales en óptica.) A pesar del obvio parecido de los niños a sus madres, creían que la herencia sólo provenía del semen y que la mujer era un mero receptáculo pasivo. Creían que el movimiento horizontal de una roca lanzada la hace subir más, de modo que tarda más en llegar al suelo que una piedra soltada desde la misma altura en el mismo momento. Enamorados de la geometría simple, creían que el círculo era «perfecto»; a pesar del «Hombre de la Luna» y las manchas del sol (visibles ocasionalmente para el ojo en la puesta de sol), sostenían que los cielos también eran «perfectos»; por tanto, las órbitas planetarias tenían que ser circulares.

Liberarse de la superstición no es suficiente para el crecimiento de la ciencia. También debe aparecer la idea de interrogar a la naturaleza, de hacer experimentos. Hubo algunos ejemplos brillantes: las mediciones de Eratóstenes del diámetro de la Tierra, por ejemplo, o el experimento de la clepsidra de Empédocles, demostrando la naturaleza material del aire. Pero en una sociedad donde el trabajo manual se ve rebajado y se cree sólo apto para esclavos como en el mundo clásico grecorromano, el método experimental no prosperaba. La ciencia nos exige estar libres tanto de la



superstición como de la injusticia flagrante. A menudo, las mismas autoridades eclesiásticas y seculares imponen la superstición y la injusticia trabajando conjuntamente. No es sorprendente que las revoluciones políticas, el escepticismo sobre la religión y el ascenso de la ciencia puedan ir unidos. La liberación de la superstición es una condición necesaria pero no suficiente para la ciencia.

Al mismo tiempo, es innegable que algunas figuras centrales de la transición de la superstición medieval a la ciencia moderna estaban profundamente influenciadas por la idea de un Dios Supremo que creó el universo y estableció no sólo los mandamientos que deben respetar los humanos sino leyes que la propia naturaleza debe acatar. El astrónomo alemán del siglo XVII Johannes Kepler, sin el que la física newtoniana nunca habría llegado a existir, describió su búsqueda científica como un deseo de conocer la mente de Dios. En nuestra época, científicos importantes, incluyendo a Albert Einstein y Stephen Hawking, han descrito su búsqueda en términos casi idénticos. El filósofo Alfred North Whitehead y el historiador de la tecnología china Joseph Needham también han sugerido que lo que faltaba en el desarrollo de la ciencia en las culturas no occidentales era el monoteísmo.

Y, sin embargo, creo que hay fuertes pruebas que contradicen toda esta tesis y nos llaman a través de los milenios...

---000---

*El pequeño grupo de cazadores sigue el rastro de huellas de cascos y otras pistas. Se detienen un momento junto a un bosque de árboles. En cuclillas, examinan la prueba más atentamente. El rastro que venían siguiendo se ve cruzado por otro. Rápidamente deciden qué animales son los responsables, cuántos son, qué edad y sexo tienen, si hay alguno herido, con qué rapidez viajan, cuánto tiempo hace que pasaron, si los siguen otros cazadores, si el grupo puede alcanzar a los animales y, si es así, cuánto tardarán. Tomada la decisión, dan un golpecito con las manos en el rastro que seguirán, hacen un ligero sonido entre los dientes como silbando y se van rápidamente. A pesar de sus arcos y flechas envenenadas, siguen en su forma de carrera al estilo de una maratón durante horas. Casi siempre han leído el mensaje en la tierra correctamente. Las bestias salvajes, elands u okapis están donde creían, en la cantidad y condiciones estimadas. La caza tiene éxito. Vuelven con la carne al campamento temporal. Todo el mundo lo festeja.*

Esta viñeta de caza más o menos típica es del pueblo !Kung San del desierto del Kalahari, en las repúblicas de Botswana y Namibia, que ahora, trágicamente, están al borde de la extinción. Pero, durante décadas, ellos y su modo de vida fueron estudiados por los antropólogos. Los !Kung San pueden ser un ejemplo típico del modo de existencia de cazadores-recolectores en el que los humanos hemos pasado la mayor parte de nuestro tiempo... hasta hace diez mil años, cuando fueron domesticadas plantas y animales y la condición humana empezó a cambiar, quizá para siempre. Era tal su pericia como rastreadores que el ejército del *apartheid* de Sudáfrica los contrató para perseguir presas humanas en las guerras contra los «Estados de la línea de frente». Este encuentro con los militares blancos sudafricanos aceleró de varias maneras diferentes la destrucción del modo de vida de los !Kung San... que, en todo caso, se había ido deteriorando poco a poco a lo largo de los siglos a cada contacto con la civilización europea.

¿Cómo lo hacían? ¿Cómo podían deducir tanto con una sola mirada? Decir que eran buenos observadores no explica nada. ¿Qué hacían realmente?

Según el antropólogo Richard Lee, analizaban la forma de las depresiones. Las huellas de un animal que se mueve de prisa muestran una simetría más alargada. Un animal ligeramente cojo protege la pata afligida, le pone menos peso y deja una huella más suave. Un animal más pesado deja un hueco más ancho y profundo. Las funciones de correlación están en la cabeza de los cazadores.

En el curso del día, las huellas se erosionan un poco. Los muros de la depresión tienden a derrumbarse. La arena levantada por el viento se acumula en el suelo del hueco. Quizá caigan dentro trozos de hojas, ramitas o hierba. Cuanto más espera uno, mayor es la erosión.

Este método es esencialmente idéntico al que usan los astrónomos astrofísicos para analizar los cráteres dejados por el impacto de planetoides: siendo igual todo lo demás, cuanto más superficial es el cráter, más antiguo es. Los cráteres con muros derrumbados, con ratios profundidad/diámetro modestos, con partículas finas acumuladas en su interior tienden a ser más antiguos... porque han de llevar el tiempo suficiente para que entren en acción los procesos erosivos.

Las fuentes de degradación pueden cambiar de mundo a mundo, o de desierto a desierto, o de época a época. Pero si uno sabe cuáles son, puede determinar muchas cosas observando lo definido o erosionado que se encuentra el cráter. Si en las huellas de cascos se superpone el rastro de insectos u otros animales, también eso indica que no es reciente. El contenido de humedad de la subsuperficie del suelo y el ritmo al que se seca después de haber quedado expuesta por un casco determinan el derrumbamiento de los

muros del cráter. Todos esos asuntos son estudiados con atención por los !Kung.

Las manadas que van al galope detestan el sol caliente. Los animales utilizarán todas las sombras que puedan encontrar. Alterarán el curso para aprovecharse unos momentos de la sombra de un bosque de árboles. Pero el lugar de la sombra depende del momento del día, porque el sol se mueve a través del cielo. Por la mañana, cuando el sol sale por el este, las sombras se proyectan al oeste de los árboles. Luego, por la tarde, cuando el sol se pone por el oeste, las sombras se proyectan al este. A partir de las curvas de las pistas es posible decir cuánto rato hace que pasaron los animales. Este cálculo será diferente en las distintas estaciones del año. Así pues, los cazadores deben tener en la mente una especie de calendario astronómico que prediga el aparente movimiento solar.

Para mí, todas esas habilidades formidables de forense para rastrear pistas son ciencia en acción.

Los cazadores-recolectores no sólo son expertos en los rastros de otros animales; también conocen muy bien los humanos.

Todo miembro de la banda es reconocible por sus huellas; les son tan familiares como sus caras. Laurens Van der Post lo relata:

... a muchas millas de casa y separados de los demás, Nxou y yo, siguiendo el rastro de un gamo herido, encontramos de pronto otra serie de huellas y rastros que se unían a la nuestra. Nxou dio un gruñido de profunda satisfacción y dijo que eran las huellas de Bauxhau, dejadas pocos minutos antes. Declaró que Bauxhau corría de prisa y que no tardaríamos en verle a él y al animal. Al llegar a lo alto de la duna que teníamos delante, allí estaba Bauxhau, ya dispuesto a despellejar al animal.

O Richard Lee, también entre los !Kung San, relata que, después de examinar brevemente unas huellas, un cazador comentó:

«Oh, fijate, Tunu está aquí con su cuñado. Pero ¿dónde está su hijo?»

¿Es esto ciencia realmente? ¿El rastreador de pistas se ha pasado horas en cuclillas en el curso de su preparación, siguiendo la lenta degradación de la huella de un eland? Cuando el antropólogo formula esta pregunta, la respuesta que recibe es que los cazadores siempre han usado estos métodos. Observaron a sus padres y a otros expertos cazadores durante su aprendizaje. Aprendieron por imitación. Los principios generales fueron transmitidos de generación en generación. Cada generación va poniendo al día las variaciones locales —velocidad del viento, humedad del suelo— según las necesidades, por estaciones o día a día.

Pero los científicos modernos hacen exactamente lo mismo. Cada vez que intentamos juzgar la edad de un cráter en la Luna, Mercurio o Tritón por

su grado de erosión, no realizamos el cálculo a partir de la nada. Desempolvamos un informe científico determinado y leemos los números ensayados y ciertos que se han establecido quizá una generación antes. Los físicos no derivan las ecuaciones de Maxwell o la mecánica cuántica a partir de la nada. Intentan entender los principios y las matemáticas, observan su utilidad, comprenden cómo sigue la naturaleza estas normas y se toman estas ciencias a pecho y las hacen propias.

Sin embargo, alguien tuvo que fijar todos esos protocolos para seguir rastros por primera vez, quizá algún genio del paleolítico, o más probablemente una sucesión de genios en épocas y lugares muy separados. No hay indicación en los protocolos rastreadores de los !Kung de métodos mágicos: examinar las estrellas la noche antes, o las entrañas de un animal, o tirar dados, o interpretar sueños, o conjurar demonios, o cualquier otra de las miles de afirmaciones espurias de conocimiento que los humanos han acariciado intermitentemente. Aquí hay una cuestión específica bien definida: ¿qué camino toma la presa y cuáles son sus características? Se necesita una respuesta precisa que la magia y la adivinación simplemente no proporcionan... o al menos no con la regularidad suficiente para evitar el hambre. En cambio, los cazadores-recolectores —que no son muy supersticiosos en su vida cotidiana, excepto cuando bailan en trance alrededor del fuego y bajo la influencia de suaves euforizantes— son prácticos, laboriosos, motivados, sociables y a menudo muy alegres. Aplican habilidades espigadas de antiguos éxitos y fracasos.

Es casi seguro que el pensamiento científico ha existido desde el principio. Se puede ver incluso en los chimpancés, cuando patrullan las fronteras de su territorio o cuando preparan una caña para meterla en el montón de termitas y extraer así una fuente modesta pero muy necesaria de proteínas. El desarrollo de habilidades para seguir pistas ofrece una ventaja selectiva evolutiva poderosa. Los grupos que no son capaces de adquirirlas consiguen menos proteínas y dejan menos descendencia. Los que tienen una inclinación científica, los que son capaces de observar con paciencia, los que tienen predisposición para descubrirlo consiguen más comida, especialmente más proteínas, y viven en hábitats más variados; ellos y sus líneas hereditarias prosperan. Lo mismo es cierto, por ejemplo, de las habilidades de navegación de los polinesios. Una habilidad científica ofrece recompensas tangibles.

La otra actividad principal para acumular alimento de las sociedades preagrarias es la recolección de vegetales. Para hacerlo se deben conocer las propiedades de muchas plantas y tener la capacidad de distinguirlas. Los botánicos y antropólogos han encontrado repetidamente que los cazadores-recolectores de todo el mundo han reconocido distintas especies de plantas

con la precisión de los taxónomos occidentales. Han trazado un mapa mental de su territorio con la precisión de los cartógrafos. También aquí, todo eso es una condición para sobrevivir.

Así, la afirmación de que, igual que los niños no están preparados para ciertos conceptos de matemáticas ó lógica, los pueblos «primitivos» no son capaces intelectualmente de entender la ciencia y la tecnología es una tontería. Este vestigio de colonialismo y racismo queda desmentido por las actividades cotidianas de un pueblo que vive sin residencia fija y casi sin posesiones, los pocos cazadores-recolectores que quedan, los custodios de nuestro pasado profundo.

De los criterios de Cromer para el «pensamiento objetivo» podemos encontrar ciertamente en los pueblos de cazadores-recolectores un debate vigoroso y sustancial, democracia de participación directa, viajes de largo recorrido, ausencia de sacerdotes y la persistencia de estos factores no durante mil años sino durante trescientos mil o más. Según sus criterios, los cazadores-recolectores *deberían* tener ciencia. Yo creo que la tienen. O la tenían.

---000---

Lo que Jonia y la antigua Grecia proporcionaron no son tanto inventos, tecnología o ingeniería sino la idea de la interrogación sistemática, la idea de que las leyes de la naturaleza, y no unos dioses caprichosos, gobiernan el mundo. El agua, el aire, la tierra y el fuego tuvieron todos su turno como «explicaciones» candidatas de la naturaleza y origen del mundo. Cada una de estas explicaciones —identificada con un filósofo presocrático diferente— tenía grandes defectos en sus detalles. Pero el modo de explicación, una alternativa a la intervención divina, era productivo y nuevo. Del mismo modo, en la historia de la antigua Grecia podemos ver casi todos los hechos significativos dirigidos por los dioses en Homero, sólo unos cuantos en Herodoto y esencialmente ninguno en Tucídides. En unos cientos de años, la historia pasó de ser dirigida por los dioses a serlo por humanos.

Algo parecido a las leyes de la naturaleza fue vislumbrado en una ocasión en una sociedad politeísta determinada en la que algunos eruditos acariciaban la idea de una especie de ateísmo. Esta aproximación de los presocráticos, que empezó hacia el siglo IV a. J.C., fue apagada por Platón, Aristóteles y posteriormente los teólogos cristianos. Si el hilo de la causalidad histórica hubiera sido diferente —si las brillantes conjeturas de los atomistas sobre la naturaleza de la materia, la pluralidad de los mundos, la vastedad del espacio y el tiempo hubieran sido aceptadas y profundizadas, si se hubiera enseñado y emulado la tecnología innovadora de Arquímedes, si

se hubiera propagado ampliamente la idea de las leyes invariables de la naturaleza que los humanos deben buscar y entender—, me pregunto en qué tipo de mundo viviríamos ahora.

No creo que la ciencia sea difícil de enseñar porque los humanos no estén preparados para ella, o porque sólo surgió por chiripa, o porque, en general, no tenemos poder mental para intentar resolverla. En cambio, el enorme celo por la ciencia que veo en los estudiantes de primeros cursos y la lección de los cazadores-recolectores que quedan hablan con elocuencia: tenemos una inclinación profunda por la ciencia, en todos los tiempos, lugares y culturas. Ha sido el medio de nuestra supervivencia. Es nuestro derecho de nacimiento. Cuando, por indiferencia, falta de atención, incompetencia o temor al escepticismo, alejamos a los niños de la ciencia, les estamos privando de un derecho, los despojamos de las herramientas necesarias para manejar su futuro.

**CAPÍTULO 19**

**NO HAY**

**PREGUNTAS**

**ESTÚPIDAS**

Y no dejamos de preguntarnos,  
una y otra vez,  
Hasta que un puñado de tierra  
Nos calla la boca...  
Pero ¿es eso una respuesta?

HEINRICH HEINE  
«Lazarus»  
(1854)



En el este de África, en los registros de las rocas que datan de hace dos millones de años, se pueden encontrar una serie de herramientas talladas, diseñadas y ejecutadas por nuestros antepasados. Su vida dependía de la fabricación y el uso de esas herramientas. Era, desde luego, tecnología de la primera Edad de Piedra. Con el tiempo se utilizaron piedras de formas especiales para partir, astillar, desconchar, cortar y esculpir. Aunque hay muchas maneras de hacer herramientas de piedra, lo que es notable es que en un lugar determinado durante largos períodos de tiempo las herramientas se hicieron de la misma manera, lo que significa que cientos de miles de años atrás debía de haber instituciones educativas, aunque se tratara principalmente de un sistema de aprendizaje. Aunque es fácil exagerar las similitudes, también lo es imaginarse al equivalente de profesores y estudiantes en taparrabos, las clases de laboratorio, los exámenes, los suspensos, las ceremonias de graduación y la enseñanza postgrado.

Cuando no cambia la preparación durante inmensos períodos de tiempo, las tradiciones pasan intactas a la generación siguiente. Pero cuando lo que se debe aprender cambia de prisa, especialmente en el curso de una sola generación, se hace mucho más difícil saber qué enseñar y cómo enseñarlo. Entonces, los estudiantes se quejan sobre la pertinencia de lo que se les explica; disminuye el respeto por sus mayores. Los profesores se desesperan ante el «deterioro de los niveles educativos y lo caprichosos que se han vuelto los estudiantes. En un mundo en transición, estudiantes y profesores necesitan enseñarse a sí mismos una habilidad esencial: aprender a aprender.

---000---

Excepto para los niños (que no saben lo suficiente como para dejar de hacer las preguntas importantes), pocos de nosotros dedicamos mucho tiempo a preguntarnos por qué la naturaleza es como es; de dónde viene el cosmos, o si siempre ha estado allí; si un día el tiempo irá hacia atrás y los efectos precederán a las causas; o si hay límites definitivos a lo que deben saber los humanos. Incluso hay niños, y he conocido algunos, que quieren saber cómo es un agujero negro, cuál es el pedazo más pequeño de materia, por qué recordamos el pasado y no el futuro, y por qué existe un universo.

De vez en cuando tengo la suerte de enseñar en una escuela infantil o elemental. Encuentro muchos niños que son científicos natos, aunque con el asombro muy acusado y el escepticismo muy suave. Son curiosos, tienen vigor intelectual. Se les ocurren preguntas provocadoras y perspicaces. Muestran un entusiasmo enorme. Me hacen preguntas sobre detalles. No han oído hablar nunca de la idea de una «pregunta estúpida».

Pero cuando hablo con estudiantes de instituto encuentro algo diferente. Memorizan «hechos» pero, en general, han perdido el placer del descubrimiento, de la vida que se oculta tras los hechos. Han perdido gran parte del asombro y adquirido muy poco escepticismo. Los preocupa hacer preguntas «estúpidas»; están dispuestos a aceptar respuestas inadecuadas; no plantean cuestiones de detalle; el aula se llena de miradas de reojo para valorar, segundo a segundo, la aprobación de sus compañeros. Vienen a clase con las preguntas escritas en un trozo de papel, que examinan subrepticamente en espera de su turno y sin tener en cuenta la discusión que puedan haber planteado sus compañeros en aquel momento.

Ha ocurrido algo entre el primer curso y los cursos superiores, y no es sólo la adolescencia. Yo diría que es en parte la presión de los compañeros contra el que destaca (excepto en deportes); en parte que la sociedad predica la gratificación a corto plazo; en parte la impresión de que la ciencia o las matemáticas no le ayudan a uno a comprarse un coche deportivo; en parte que se espera poco de los estudiantes, y en parte que hay pocas recompensas o modelos para una discusión inteligente sobre ciencia y tecnología... o incluso para aprender porque sí. Los pocos que todavía muestran interés reciben el insulto de «bichos raros», «repelentes» o «empollones».

Pero hay algo más: he visto a muchos adultos que se enfadan cuando un niño les plantea preguntas científicas. ¿Por qué la luna es redonda?, preguntan los niños. ¿Por qué la hierba es verde? ¿Qué es un sueño? ¿Hasta qué profundidad se puede cavar un agujero? ¿Cuándo es el cumpleaños del mundo? ¿Por qué tenemos dedos en los pies? Demasiados padres y maestros contestan con irritación o ridiculización, o pasan rápidamente a otra cosa: «¿Cómo querías que fuera la luna, cuadrada?» Los niños reconocen en seguida que, por alguna razón, este tipo de preguntas enoja a los adultos. Unas cuantas experiencias más como ésta, y otro niño perdido para la ciencia. No entiendo por qué los adultos simulan saberlo todo ante un niño de seis años. ¿Qué tiene de malo admitir que no sabemos algo? ¿Es tan frágil nuestro orgullo?

Lo que es más, muchas de estas preguntas afectan a aspectos profundos de la ciencia, algunos todavía no resueltos del todo. Por qué la luna es redonda tiene que ver con el hecho de que la gravedad es una fuerza que tira hacia el centro de cualquier mundo y con lo resistentes que son las rocas. La hierba es verde a causa del pigmento de clorofila, desde luego —a todos nos han metido esto en la cabeza—, pero ¿por qué tienen clorofila las plantas? Parece una tontería, pues el sol produce su máxima energía en la parte amarilla y verde del espectro. ¿Por qué las plantas de todo el mundo rechazan la luz del sol en sus longitudes de onda más abundantes? Quizá sea

la plasmación de un accidente de la antigua historia de la vida en la Tierra. Pero hay algo que todavía no entendemos sobre por qué la hierba es verde.

Hay mejores respuestas que decirle al niño que hacer preguntas profundas es una especie de pifia social. Si tenemos una idea de la respuesta, podemos intentar explicarla. Aunque el intento sea incompleto, sirve como reafirmación e infunde ánimo. Si no tenemos ni idea de la respuesta, podemos ir a la enciclopedia. Si no tenemos enciclopedia, podemos llevar al niño a la biblioteca. O podríamos decir: «No sé la respuesta. Quizá no la sepa nadie. A lo mejor, cuando seas mayor, lo descubrirás tú.»

Hay preguntas ingenuas, preguntas tediosas, preguntas mal formuladas, preguntas planteadas con una inadecuada autocrítica. Pero toda pregunta es un clamor por entender el mundo.<sup>35</sup> No hay preguntas estúpidas.

Los niños listos que tienen curiosidad son un recurso nacional y mundial. Se los debe cuidar, mimar y animar. Pero no basta con el mero ánimo. También se les debe dar las herramientas esenciales para pensar.

-----00000-----

«Es oficial», dice el titular de un periódico: «Estamos fatal en ciencia.» En pruebas a jóvenes de diecisiete años de muchas regiones del mundo. Estados Unidos quedó el último en álgebra. Mientras la media de los jóvenes estadounidenses era del cuarenta y tres por ciento, la de sus equivalentes japoneses, en pruebas idénticas, era del setenta y ocho por ciento. En mi opinión, el setenta y ocho por ciento es bastante bueno; el cuarenta y tres por ciento es suspenso. En una prueba de química, sólo los estudiantes de trece naciones fueron peores que los de Estados Unidos. La puntuación de Gran Bretaña, Singapur y Hong Kong era tan alta que casi se salían de la tabla, y el veinticinco por ciento de los canadienses de dieciocho años sabía tanta química como un selecto uno por ciento de los estudiantes de segunda enseñanza estadounidenses (en su segundo curso de química, y la mayoría en programas «avanzados»). El mejor de entre veinte clases de quinto grado de Minneapolis era superado por todos los componentes de veinte clases de Sendai, en Japón, y por diecinueve entre veinte en Taipei, Taiwan. Los estudiantes de Corea del Sur estaban muy por encima de los estadounidenses en todos los aspectos de matemáticas y ciencias, y los de trece años de la Columbia Británica (al oeste de Canadá) superaban a sus equivalentes estadounidenses en toda la tabla (en algunas disciplinas superaban a los coreanos). El veintidós por ciento de los chicos de Estados

---

<sup>35</sup> No incluyo aquí la lluvia de «porqués» con que los niños de dos años atacan a veces a sus padres, quizá en un intento de controlar el comportamiento de los adultos.

Unidos dicen que no les gusta la escuela, por sólo el ocho por ciento de los coreanos. Sin embargo, dos tercios de los americanos, por sólo un cuarto de los coreanos, dicen ser «buenos en matemáticas».

Estas desalentadoras tendencias del promedio de estudiantes de Estados Unidos se ven compensadas en ocasiones por la actuación de estudiantes sobresalientes. En 1994, un estudiante americano consiguió una marca de una perfección sin precedentes en la Olimpiada Matemática Internacional de Hong Kong, derrotando a otros trescientos sesenta estudiantes de sesenta y ocho naciones en álgebra, geometría y teoría del número. Uno de ellos, Jeremy Bem, de diecisiete años, comentó: «Los problemas de matemáticas son como rompecabezas de lógica. No hay nada rutinario: todo es muy creativo y artístico.» Pero aquí no hablo de producir una nueva generación de científicos y matemáticos de primera categoría, sino de la cultura científica del público en general.

El sesenta y tres por ciento de los adultos norteamericanos no son conscientes de que el último dinosaurio murió antes de que apareciera el primer humano; el setenta y cinco por ciento no sabe que los antibióticos matan a las bacterias pero no a los virus; el cincuenta y siete por ciento no sabe que los «electrones son más pequeños que los átomos». Las encuestas muestran que algo así como la mitad de los adultos de Estados Unidos no saben que la Tierra gira alrededor del Sol y tarda un año en hacerlo. En mis clases en la Universidad de Cornell he encontrado estudiantes brillantes que no saben que las estrellas salen y se ponen por la noche, o ni siquiera que el Sol es una estrella.

Debido a la ciencia ficción, el sistema educativo, la NASA y el rol que juega la ciencia en la sociedad, los estadounidenses están mucho más expuestos a la percepción copernicana que el humano medio. Una encuesta de 1993 realizada por la Asociación China de Ciencia y Tecnología revela que, como en Estados Unidos, no más de la mitad de personas en China sabe que la Tierra gira alrededor del Sol una vez al año. Podría ser muy bien, pues, que más de cuatro siglos y medio después de Copérnico, la mayor parte de la gente de la Tierra creyera todavía, en el fondo de su corazón, que nuestro planeta está inmóvil en el centro del universo y que somos profundamente «especiales».

Ésas son las preguntas típicas del «alfabetismo científico». Los resultados son desmoralizadores. Pero ¿qué es lo que miden? La memorización de afirmaciones autoritarias. Lo que *deberían* preguntar es *cómo sabemos...* que los antibióticos discriminan entre microbios, que los electrones son «más pequeños» que los átomos, que el Sol es una estrella a la que la Tierra da la vuelta una vez al año. Estas preguntas son una medida

mucho más auténtica de la comprensión de la ciencia por parte del público, y los resultados de estas pruebas serían sin duda más descorazonadores todavía.

Si se acepta la verdad literal de todas las palabras de la Biblia, la Tierra tiene que ser plana. Lo mismo ocurre con el Corán. Por tanto, declarar que la Tierra es redonda equivale a decir que uno es ateo. En 1993, la autoridad religiosa suprema de Arabia Saudí, el jeque Abdel-Aziz Ibn Baaz, emitió un edicto, o *fatwa*, declarando que el mundo es plano. Todo el que crea que es redondo no cree en Dios y debe ser castigado. No deja de ser irónico que la lúcida evidencia de que la Tierra es una esfera, reunida por el astrónomo greco-egipcio del siglo II Claudio Tolomeo, fuese transmitida a Occidente por astrónomos musulmanes y árabes. En el siglo IX bautizaron al libro de Tolomeo en el que se demuestra la esfericidad de la Tierra como el *Almagesto*, «el más grande».

He conocido muchas personas que se sienten ofendidas por la evolución, que preferirían apasionadamente ser la obra artística personal de Dios que haber surgido del fango por fuerzas físicas y químicas ciegas desarrolladas durante eones. También suelen ser reacios a exponerse asiduamente a las pruebas. La evidencia tiene muy poco que ver con ellos: creen lo que desean que sea verdad. Sólo el nueve por ciento de los norteamericanos acepta el descubrimiento central de la biología moderna de que los seres humanos (y todas las demás especies) han evolucionado lentamente por procesos naturales de una serie de seres más antiguos sin que fuera necesaria la intervención divina en el camino. (Cuando se les pregunta simplemente si aceptan la evolución, el cuarenta y cinco por ciento de los norteamericanos dice que sí. La cantidad asciende al setenta por ciento en China.) Cuando se exhibió en Israel la película *Parque Jurásico*, algunos rabinos ortodoxos la condenaron porque aceptaba la evolución y enseñaba que los dinosaurios vivieron hace cien millones de años... cuando, como se establece claramente en el Rosh Hashonah y en toda ceremonia de boda judía, el universo tiene menos de seis mil años de antigüedad. La prueba más clara de nuestra evolución puede encontrarse en nuestros genes. Pero la evolución sigue teniendo detractores, irónicamente entre aquellos cuyo propio ADN la proclama... en las escuelas, en los tribunales, en las editoriales de libros de texto, y en la cuestión de cuánto dolor podemos infligir a otros animales sin cruzar algún umbral ético.

Durante la Gran Depresión, los maestros disfrutaban de seguridad de trabajo, buenos sueldos y respetabilidad. Enseñar era una profesión admirada, en parte porque se reconocía que aprender era una manera de salir de la pobreza. Poco de ello es cierto hoy. Y así, la enseñanza de la ciencia (y otras) se hace demasiado a menudo de manera incompetente o poco inspiradora y sus practicantes, por asombroso que sea, tienen poca preparación o ninguna

en los temas que presentan, se impacientan con el método y muestran ansias por llegar a los descubrimientos de la ciencia... y a veces son incapaces ellos mismos de distinguir la ciencia de la pseudociencia. Los que tienen preparación a menudo consiguen trabajos mejor pagados en otra parte.

Los niños necesitan experimentar con sus propias manos el método experimental en lugar de leer en un libro cosas sobre la ciencia. Se nos puede hablar de la oxidación de la cera como explicación de la llama de la vela. Pero tenemos una sensación mucho más vivida de lo que pasa si vemos arder la vela brevemente en una campana de cristal hasta que el dióxido de carbono producido por la duerna rodea la mecha, bloquea el acceso al oxígeno y la llama parpadea y se apaga. Se nos pueden explicar las mitocondrias de las células y cómo transmiten la oxidación a la comida al igual que la llama quemando la vela, pero es totalmente distinto verlas en el microscopio. Se nos puede decir que el oxígeno es necesario para la vida de algunos organismos y no para otros. Pero empezamos a entenderlo realmente cuando comprobamos la proposición en una campana de cristal totalmente desprovista de oxígeno. ¿Qué hace el oxígeno por *nosotros*? ¿Por qué sin él moriríamos? ¿De dónde viene el oxígeno del aire? ¿Está asegurado el suministro?

La experimentación y el método científico se pueden enseñar en muchas materias distintas de la ciencia. Daniel Kunitz es un amigo mío de la universidad. Ha sido toda la vida un profesor de ciencias sociales innovador en institutos de enseñanza media. ¿Los alumnos quieren entender la Constitución de Estados Unidos? Se les puede decir que la lean, artículo tras artículo, y luego la comenten en clase... pero, lamentablemente, acabarán todos dormidos. O se puede intentar el método de Kunitz: prohibir a los estudiantes leer la Constitución. A cambio, los invita a celebrar una Convención Constitucional, dos por cada estado. Primero plantea en detalle a cada uno de los trece equipos los intereses particulares de su estado y región. A la delegación de Carolina del Sur, por ejemplo, le hablará de la primacía del algodón, la necesidad y moralidad del tráfico de esclavos, el peligro planteado por el norte industrial, etc. Las trece delegaciones se reúnen y, con un poco de guía facultativa, pero principalmente solos, escriben una constitución durante unas semanas. Luego leen la Constitución de verdad. Los estudiantes han reservado el poder de declarar la guerra al presidente. Los delegados de 1787 lo asignaron al Congreso. ¿Por qué? Los estudiantes han liberado a los esclavos. La Convención Constitucional original no lo hizo. ¿Por qué? Eso exige una mayor preparación de los profesores y más trabajo para los estudiantes, pero la experiencia es inolvidable. Es difícil no pensar que las naciones de la Tierra estarían mejor si todos los ciudadanos se sometieran a una experiencia comparable.

Necesitamos más dinero para preparar y pagar a los profesores, y para laboratorios. Pero en Estados Unidos los aspectos vinculados a la escuela suelen perder la votación. Nadie sugiere que se usen los impuestos de propiedades para engrosar el presupuesto militar, o los subsidios de agricultura, o para limpiar residuos tóxicos. ¿Por qué sólo la educación? ¿Por qué no financiarla con tasas generales a nivel local y estatal? ¿Qué tal una tasa especial de educación para las industrias que tienen una necesidad especial de trabajadores con preparación técnica?

Los niños estadounidenses no trabajan bastante en la escuela. El año escolar es de ciento ochenta días, comparado con doscientos veinte en Corea del Sur, unos doscientos treinta en Alemania y doscientos cuarenta y tres en Japón. Los niños de algunos de estos países van a la escuela el sábado. El estudiante medio de instituto en Estados Unidos dedica tres horas y media a la semana a hacer deberes. El tiempo total que dedica a los estudios, en el aula y fuera de ella, es de unas veinte horas por semana. Los japoneses de quinto curso dedican una media de treinta y tres horas a la semana. Japón, con la mitad de población que Estados Unidos, produce el doble de científicos e ingenieros con títulos avanzados al año.

Durante cuatro años de instituto, los estudiantes americanos dedicaron menos de mil quinientas horas a temas como matemáticas, ciencia e historia. Los japoneses, franceses y alemanes dedicaron más del doble de tiempo. Un informe de 1994 encargado por el Departamento de Educación de Estados Unidos apunta:

El día escolar tradicional tiene que contener ahora toda una serie de requisitos para lo que se ha llamado «nuevo trabajo de las escuelas»: educación sobre seguridad personal, sobre consumo, sida, conservación y energía, vida familiar y preparación para conducir.

Así pues, debido a las deficiencias de la sociedad y a la inadecuación de la educación en el hogar, sólo se dedican unas tres horas al día a los temas académicos centrales en el instituto.

Está demasiado extendida la idea de que la ciencia es «excesivamente difícil» para la gente normal. Lo podemos ver reflejado en la estadística de que sólo alrededor del diez por ciento de los estudiantes de instituto estadounidenses optan por un curso de física. ¿Qué es lo que hace de pronto a la ciencia «excesivamente difícil»? ¿Por qué no es demasiado difícil para todos esos países que superan a Estados Unidos? ¿Qué ha ocurrido con el talento americano para la ciencia, la innovación técnica y el trabajo duro? En otros tiempos, los norteamericanos se enorgullecían de contar con inventores que abrieron el camino del telégrafo, el teléfono, la luz eléctrica, el fonógrafo, el automóvil y el aeroplano. Excepto en lo relativo a la

informática, todo eso parece algo del pasado. ¿Dónde ha ido a parar todo aquel «ingenio yanqui»?

La mayoría de los niños americanos no son estúpidos. Parte de la razón por la que no se aplican al estudio es que reciben pocos beneficios tangibles cuando lo hacen. Ser competente (es decir, conocer realmente la materia) en expresión verbal, matemáticas, ciencia e historia hoy en día no aumenta los ingresos de los jóvenes medios en los ocho años siguientes a su salida de la escuela, y la mayoría se emplean en empresas de servicios y no industriales.

Sin embargo, en los sectores productivos de la economía suele ser diferente. Hay fábricas de muebles, por ejemplo, que corren el riesgo de perder el negocio... no porque no haya clientes, sino porque muy pocos trabajadores al entrar son capaces de hacer operaciones aritméticas sencillas. Una importante compañía electrónica declara que el ochenta por ciento de los que aspiran a trabajar en ella no son capaces de superar una prueba matemática de quinto curso. Estados Unidos está perdiendo ya unos cuarenta mil millones de dólares al año (principalmente en descenso de productividad y el coste de educación para remediarlo) porque los trabajadores, en un grado excesivo, no saben leer, escribir, contar o pensar.

Según un informe del Comité Nacional de Ciencia de Estados Unidos de ciento treinta y nueve compañías de alta tecnología, las causas principales del declive de la investigación y el desarrollo que se atribuían a la política nacional eran: 1) carencia de una estrategia a largo plazo para afrontar el problema; 2) falta de atención a la preparación de futuros científicos e ingenieros; 3) demasiada inversión en «defensa» e insuficiente en investigación y desarrollo civil, y 4) poca atención a la educación preuniversitaria. La ignorancia se alimenta de ignorancia. La fobia a la ciencia es contagiosa.

Los que tienen la visión más favorable de la ciencia en Estados Unidos tienden a ser jóvenes varones blancos con educación universitaria y buen nivel de vida. Pero tres cuartas partes de los nuevos trabajadores norteamericanos de la próxima década serán mujeres no blancas e inmigrantes. No lograr despertar su entusiasmo —por no hablar de la discriminación— no sólo es injusto sino que es estúpido y contraproducente. Priva a la economía de los trabajadores preparados que necesita desesperadamente.

Los estudiantes afroamericanos e hispanos han mejorado sus resultados en las pruebas estándar de ciencia con relación a finales de la década de los sesenta, pero son los únicos. La diferencia media en matemáticas entre blancos y negros graduados sigue siendo grande en los cursos de enseñanza superior: de dos a tres niveles; pero la distancia entre los



blancos de cursos de enseñanza superior de Estados Unidos y, por ejemplo, los de Japón, Canadá, Gran Bretaña o Finlandia es dos veces mayor (con los estadounidenses a la zaga). Si uno recibe poca motivación y poca educación, no sabrá mucho... no es ningún misterio. Los afroamericanos de las ciudades con padres educados en la universidad tienen el mismo nivel universitario que los blancos de las ciudades con padres de educación universitaria. Según algunas estadísticas, incluir a un niño pobre en un programa *Head Start* duplica sus posibilidades de conseguir un empleo más tarde en la vida; el que completa un programa *Upward Bond* tiene cuatro veces más posibilidades de conseguir una educación universitaria. Para ser sinceros, sabemos lo que hay que hacer.

¿Y en cuanto a la universidad? Hay una serie de pasos obvios: mejora de la condición basada en el éxito de la enseñanza y promoción de los profesores en base a la actuación de sus estudiantes en pruebas estandarizadas de doble ciego; sueldos para los profesores que se acerquen a lo que podrían cobrar en la industria; más becas, ayudas y equipo de laboratorio; programas imaginativos e inspiradores y libros de texto en que los principales miembros de la facultad tengan un papel principal; cursos de laboratorio como requisito para graduarse; y prestar atención especial a los que tradicionalmente se han apartado de la ciencia. También deberíamos animar a los mejores académicos de la ciencia a dedicar más tiempo a la educación pública: libros de texto, conferencias, artículos en periódicos y revistas, apariciones en televisión. Y podría valer la pena intentar un primer curso obligatorio sobre pensamiento escéptico y métodos científicos.

---000---

El místico William Blake miró fijamente al sol y vio ángeles, mientras otros, más mundanos, «sólo percibían un objeto de las medidas y el color de una guinea dorada». ¿Vio Blake realmente ángeles en el sol, o era un error perceptual o cognitivo? No conozco ninguna fotografía del Sol que muestre nada de este tipo. ¿Vio Blake lo que la cámara y el telescopio no pueden ver? ¿O la explicación se encuentra dentro de la cabeza de Blake mucho más que fuera? ¿Y no es la verdadera naturaleza del Sol, tal como la revela la ciencia moderna, mucho más maravillosa: no meros ángeles o monedas de oro, sino una enorme esfera en la que pueden caber un millón de Tierras, en el centro de la cual se fusionan núcleos de átomos, el hidrógeno transformado en helio, la energía latente en el hidrógeno durante miles de millones de años liberada, la Tierra y otros planetas calentados e iluminados,

y el mismo proceso repetido cuatrocientos mil millones de veces en alguna otra parte de la galaxia de la Vía Láctea?

Los proyectos, instrucciones detalladas y órdenes de trabajo para construir una persona desde la nada ocuparían unos mil volúmenes de enciclopedia si se escribieran en inglés. Sin embargo, cada célula de nuestro cuerpo contiene una serie de esas enciclopedias. Un quasar está tan lejos que la luz que vemos empezó su viaje intergaláctico antes de que se formara la Tierra. Toda persona de la Tierra desciende de los mismos antepasados no del todo humanos del este de África hace algunos millones de años, lo que nos hace a todos primos.

Siempre que pienso en alguno de estos descubrimientos siento un escalofrío de entusiasmo. Se me acelera el corazón. No puedo evitarlo. La ciencia es una sorpresa y una delicia. Reconozco mi sorpresa cada vez que una nave espacial sobrevuela un nuevo mundo. Los científicos planetarios se preguntan a sí mismos: «Oh, ¿es así? ¿Cómo no se nos ocurrió?» Pero la naturaleza siempre es más sutil, más compleja, más elegante de lo que somos capaces de imaginar. Lo que es sorprendente, dadas nuestras limitaciones manifiestas, es que hayamos sido capaces de penetrar tanto en los secretos de la naturaleza.

Casi todos los científicos, en un momento de descubrimiento o comprensión súbita, han experimentado un asombro reverencial. La ciencia —la ciencia pura, no con alguna aplicación práctica sino por ella misma— es un asunto profundamente emocional para los que la practican, como lo es también para los no científicos que de vez en cuando se zambullen en ella con el fin de saber qué se ha descubierto recientemente.

Y, como en una historia de detectives, es una gozada formular las preguntas clave, trabajar con explicaciones alternativas y quizá incluso avanzar en el proceso de descubrimiento científico. Consideremos estos ejemplos, algunos muy sencillos, otros no, elegidos más o menos aleatoriamente:

- ¿Podría haber un número entero no descubierto entre el 6 y el 7?
- ¿Podría haber un elemento químico no descubierto entre el número atómico 6 (que es carbono) y el número atómico 7 (que es nitrógeno)?
- Sí, ese nuevo conservante causa cáncer en las ratas. Pero ¿y si para inducir el cáncer en una persona, que pesa mucho más que una rata, se debiera tomar una libra de sustancia al día? En este caso, quizá el conservante no sea tan peligroso. ¿El beneficio de tener la comida conservada durante largos períodos superaría el pequeño riesgo adicional del cáncer? ¿Quién decide? ¿Qué datos se necesitan para tomar una decisión prudente?

- En una roca de tres mil ochocientos millones de años, uno encuentra un ratio de isótopos de carbono típicos de los seres vivos de hoy y diferente de los sedimentos orgánicos. ¿Deduce de ello que hace tres mil ochocientos millones de años había vida abundante en la Tierra? ¿O podrían haberse infiltrado en la roca los restos químicos de organismos más modernos? ¿O hay una manera de que los isótopos se separen en la roca aparte de los procesos biológicos?
- Las mediciones sensibles de corrientes eléctricas en el cerebro humano muestran que cuando ocurren ciertos recuerdos o procesos mentales entran en acción regiones particulares del cerebro. ¿Es posible que nuestros pensamientos, recuerdos y pasiones generen unos circuitos particulares de las neuronas del cerebro? ¿Sería posible simular estos circuitos en un robot?
- ¿Sería factible insertar nuevos circuitos o alterar los viejos en el cerebro de modo que cambien opiniones, recuerdos, emociones y deducciones lógicas? ¿Es esta desnaturalización terriblemente peligrosa?
- Su teoría del origen del sistema solar predice muchos discos planos de gas y polvo en toda la galaxia de la Vía Láctea. Mira por el telescopio y encuentra discos planos en todas partes. Llega felizmente a la conclusión de que la teoría ha quedado confirmada. Pero resulta que los discos que vio eran galaxias espirales muy alejadas de la Vía Láctea, y demasiado grandes para ser sistemas solares nacientes. ¿Debe abandonar su teoría? ¿O debe buscar un tipo de discos diferentes? ¿O es esto sólo una expresión de su poca disposición a abandonar una hipótesis desacreditada?
- Un cáncer creciente envía un boletín a las células que revisten los vasos sanguíneos: «Necesitamos sangre», dice el mensaje. Las células endoteliales, obedientes, forman puentes de vasos sanguíneos para suministrar sangre a las células del cáncer. ¿Cómo ocurre eso? ¿Se puede interceptar o cancelar el mensaje?
- Usted mezcla pintura violeta, azul, verde, amarilla, naranja y roja, y consigue un color marrón barro. Luego mezcla luz de los mismos colores y consigue blanco. ¿Qué ocurre?
- En los genes de los humanos y de muchos otros animales hay largas secuencias repetitivas de información hereditaria (llamada «sin sentido»). Algunas de esas secuencias causan enfermedades genéticas. ¿Podría ser que determinados segmentos del ADN fueran ácidos nucleicos revoltosos que se reproducen por su cuenta y desdennan el bienestar del organismo que habitan?
- Muchos animales se comportan de una manera extraña justo antes de un terremoto. ¿Qué saben ellos que no sepan los sismólogos?
- Las palabras para nombrar a «Dios» de los antiguos aztecas y los antiguos griegos son casi las mismas. ¿Evidencia esto algún contacto o comunidad entre las dos civilizaciones, o se puede esperar que se dieran estas

coincidencias ocasionales entre dos lenguas por pura casualidad? O, como pensaba Platón en *Cratylus*, ¿puede ser que al nacer tengamos algunas palabras dentro?

- La segunda ley de termodinámica afirma que en el universo, tomado como un todo, aumenta el desorden a medida que pasa el tiempo. (Desde luego, pueden emerger localmente mundos y vida e inteligencia, al coste de una reducción en el orden en otra parte del universo.) Pero si vivimos en un universo en el que la presente expansión del big bang llegará a calmarse, detenerse y ser reemplazada por una contracción, ¿se podría revertir entonces la segunda ley? ¿Pueden los efectos preceder a las causas?

- El cuerpo humano utiliza un ácido clorhídrico concentrado en el estómago para disolver la comida y favorecer la digestión. ¿Por qué el ácido clorhídrico no disuelve el estómago?

- Las estrellas más antiguas, en el momento de escribir estas líneas, parecen ser más antiguas que el universo. Igual que al afirmar que una persona tiene hijos mayores que ella, no hace falta saber mucho para reconocer que alguien ha cometido un error. ¿Quién?

- Existe ahora una tecnología suficiente para mover átomos individuales de modo que se pueden escribir mensajes largos y complejos en una escala ultramicroscópica. También es posible hacer máquinas de la medida de una molécula. Hay ejemplos rudimentarios de esas dos «nanotecnologías» bien demostrados. ¿Dónde nos llevará eso en unas décadas más?

- En varios laboratorios diferentes se han encontrado moléculas complejas que, en condiciones adecuadas, hacen copias de ellas mismas en el tubo de ensayo. Algunas de estas moléculas, como el ADN y el ARN, están hechas de nucleótidos; otras no. Algunas usan enzimas para acelerar el ritmo de la química; otras no. A veces hay un error en la copia; a partir de este punto, el error se copia en sucesivas generaciones de moléculas. Así llegan a existir especies ligeramente diferentes de moléculas autorreplicantes, algunas de las cuales se reproducen más de prisa y con mayor eficiencia que otras. Son preferentemente las que prosperan. Con el tiempo, las moléculas en el tubo de ensayo se hacen cada vez más eficientes. Estamos empezando a atestiguar la evolución de las moléculas. ¿Qué percepción proporciona esto sobre el origen de la vida?

- ¿Por qué el hielo ordinario es blanco pero el glaciador es azul?

- Se ha encontrado vida muchos kilómetros por debajo de la superficie de la Tierra. ¿Hasta qué profundidad llega?

- Una leyenda del pueblo dogon de la república de Malí, según un antropólogo francés, dice que la estrella Sirio tiene una estrella compañera extremadamente densa. Sirio, en realidad, tiene una compañera así, aunque se necesita una astronomía muy sofisticada para detectarla. Por tanto: 1)

¿descendía el pueblo dogon de una civilización olvidada poseedora de grandes telescopios ópticos y astrofísica teórica?, o 2) ¿fueron instruidos por extraterrestres?, o 3) ¿oyeron algo los dogon sobre la pequeña compañera enana de Sirio de un visitante europeo?, o 4) ¿se equivoca el antropólogo francés y en realidad los dogon nunca tuvieron esa leyenda?

---000---

¿Por qué tiene que ser tan difícil para los científicos transmitir la ciencia? Algunos científicos —incluyendo algunos muy buenos— me dicen que les encantaría hacer divulgación, pero carecen de talento para ello. Dicen que saber y explicar no es lo mismo. ¿Cuál es el secreto?

Yo creo que sólo hay uno: no hablar al público en general como uno lo haría con sus colegas científicos. Hay términos que transmiten su significado al instante y con precisión a compañeros expertos. Uno puede encontrarse esas frases todos los días en el trabajo profesional, pero sólo sirven para confundir a una audiencia de no especialistas. Utilice el lenguaje más sencillo posible. Por encima de todo, recuerde lo que pensaba antes de entender usted mismo lo que está explicando. Recuerde los malentendidos en los que estuvo a punto de caer y señálelos explícitamente. Mantenga en mente con firmeza que hubo una época en la que no entendía nada de todo esto. Recapitule los primeros pasos que le llevaron de la ignorancia al conocimiento. Nunca olvide que la inteligencia natural está muy ampliamente distribuida en nuestra especie. Ciertamente, es el secreto de nuestro éxito.

El esfuerzo necesario es poco, los beneficios muchos. Entre los escollos potenciales está el exceso de simplificación, la necesidad de ahorrar calificaciones (y cuantificaciones), dar un mérito inadecuado a los muchos científicos implicados y trazar distinciones insuficientes entre analogía útil y realidad. Sin duda, deben buscarse soluciones de compromiso.

Cuanto más presentaciones de este tipo hace uno, más claro ve cuál de ellas funciona y cuál no. Hay una selección natural de metáforas, imágenes, analogías y anécdotas. Con el tiempo, uno encuentra que puede llegar casi a cualquier parte si camina por un sendero bien pavimentado que el público pueda recorrer. Luego puede adaptar las presentaciones a las necesidades de cada público determinado.

Como algunos editores y productores de televisión, hay científicos que creen que el público es demasiado ignorante o estúpido para entender la ciencia, que la empresa de la divulgación es fundamentalmente una causa perdida, o incluso que equivale a la confraternización, si no a la contribución directa, con el enemigo. Entre las muchas críticas que podrían hacerse de esta

opinión —junto con su arrogancia insufrible y su ignorancia de toda una serie de ejemplos logrados de popularización de la ciencia— es que sólo sirve de confirmación personal. Y, para los científicos implicados, es contraproducente.

El apoyo a gran escala del gobierno a la ciencia es relativamente reciente, a partir de la segunda guerra mundial, aunque el mecenazgo de algunos científicos por parte de ricos y poderosos es mucho más antiguo. Con el final de la guerra fría se hizo prácticamente imposible seguir jugando la carta de la defensa nacional, que proporcionó apoyo a todo tipo de investigaciones científicas. Creo que, en parte sólo por esta razón, la mayoría de los científicos se sienten ahora cómodos con la idea de popularizar la ciencia. (Como casi todo el apoyo a la ciencia procede de los fondos públicos, la oposición de los científicos a una divulgación eficiente sería un extraño flirteo con el suicidio.) Es más probable que el público apoye lo que entiende y aprecia. No me refiero a escribir artículos para el *Scientific American*, por ejemplo, revista que leen los entusiastas de la ciencia y científicos de otros campos. Tampoco hablo sólo de dar cursos de introducción a no licenciados. Hablo de los esfuerzos por comunicar la sustancia y enfoque de la ciencia en los periódicos, revistas, radio y televisión, en conferencias para el público en general y en libros de texto de la escuela elemental, media y superior.

Desde luego, la divulgación debe seguir unas pautas de valoración determinadas. Es importante no crear confusión ni mostrarse paternalista. En ocasiones, al intentar estimular el interés público, los científicos han ido demasiado lejos... derivando por ejemplo conclusiones religiosas injustificadas. El astrónomo George Smoot comentó que descubrir pequeñas irregularidades en la radiación que dejó el big bang fue como «ver a Dios cara a cara». León Lederman, el físico laureado con el Premio Nobel, describió el bosón de Higgs, un bloque hipotético de creación de materia, como «la partícula de Dios», y así tituló un libro. (En mi opinión, todas son partículas de Dios.) Si el bosón de Higgs no existe, ¿queda desaprobada la hipótesis de Dios? El físico Frank Tipler propone que la informática en un futuro remoto demostrará la existencia de Dios y propiciará la resurrección de la carne.

Los periódicos y la televisión pueden producir chispas cuando nos dan una visión de la ciencia, y esto es muy importante. Pero —aparte del aprendizaje o las clases y seminarios bien estructurados— la mejor manera de popularizar la ciencia es a través de libros de texto, libros populares, CD-ROM y discos láser. Así uno puede reflexionar sobre ello, ir a su propio ritmo, repasar las partes difíciles, comparar textos, analizar en profundidad. Sin embargo, es importante hacerlo correctamente, y especialmente en las

escuelas no suele ser así. Allí, como comenta el filósofo John Passmore, la ciencia se presenta a menudo

como una cuestión de aprender principios y aplicarlos con procedimientos de rutina. Se aprende de libros de texto, no leyendo las obras de grandes científicos, ni siquiera las contribuciones diarias a la literatura científica... El científico que empieza, a diferencia del humanista que empieza, no tiene contacto directo con el genio. Ciertamente... los cursos escolares pueden atraer a la ciencia al tipo erróneo de persona: chicos y chicas poco imaginativos a quienes les gusta la rutina.

Yo sostengo que la divulgación de la ciencia tiene éxito si, de entrada, no hace más que encender la chispa del asombro. Para ello basta con ofrecer una mirada a los descubrimientos de la ciencia sin explicar del todo cómo se lograron. Es más fácil reflejar el destino que el viaje. Pero, si es posible, los divulgadores deberían intentar hacer una crónica de los errores, falsos principios, puntos muertos y confusiones aparentemente sin remedio que aparecieron en el camino. Al menos de vez en cuando, deberíamos proporcionar la prueba y dejar que el lector extraiga su propia conclusión. Eso convierte la asimilación obediente de nuevo conocimiento en un descubrimiento personal. Cuando uno mismo hace el descubrimiento — aunque sea la última persona de la Tierra en ver la luz— no lo olvida nunca.

Cuando era joven me inspiraron los libros y artículos sobre ciencia popular de George Gamow, James Jeans, Arthur Eddington, J. B. S. Haldane, Julián Huxley, Rachel Carson y Arthur C. Clarke, todos ellos con una buena preparación y la mayoría importantes practicantes de la ciencia. La popularidad de los libros bien escritos, con una explicación buena y profundamente imaginativa de la ciencia que llegan al corazón además de la mente parece ser mayor que nunca en los últimos veinte años, y tampoco tiene precedentes el número y diversidad disciplinar de los científicos que escriben estos libros. Entre los mejores divulgadores científicos contemporáneos se me ocurren Stephen Jay Gould, E. O. Wilson, Lewis Thomas y Richard Dawkins en biología; Steven Weinberg, Alan Lightman y Kip Thorne en física; Roald Hoffmann en química; y las primeras obras de Fred Hoyle en astronomía. Isaac Asimov escribió con capacidad acerca de todo. (Y aunque exige saber cálculo, la popularización de la ciencia más provocadora, excitante e inspiradora de las últimas décadas me parece el primer volumen de las *Conferencias de introducción a la física* de Richard Feynman.) A pesar de todo, está claro que los esfuerzos actuales no son proporcionales en absoluto con el bien público. Y, desde luego, si no sabemos leer, no podemos beneficiarnos de estas obras, por muy inspiradoras que sean.

Me gustaría que rescatásemos al señor «Buckley» y a millones como él. También me gustaría que dejásemos de producir estudiantes de instituto poco curiosos, carentes de espíritu crítico y de imaginación. Nuestra especie necesita, y merece, una ciudadanía con la mente despierta y abierta y una comprensión básica de cómo funciona el mundo.

Sostengo que la ciencia es una herramienta absolutamente esencial para toda sociedad que tenga la esperanza de sobrevivir hasta el próximo siglo con sus valores fundamentales intactos... no sólo la ciencia abordada por sus practicantes, sino la ciencia entendida y abrazada por toda la comunidad humana. Y, si eso no lo consiguen los científicos, ¿quién lo hará?



**CAPÍTULO 20**

**LA CASA**

**EN LLAMAS<sup>36</sup>**

---

---

<sup>36</sup> Escrito con Ann Druyan



El Señor [Buda] replicó al Venerable Sariputra:

«En un pueblo, ciudad, villa de mercado, distrito de condado, provincia, reino o capital vivía un cabeza de familia, viejo, de edad avanzada, decrepito, débil de salud y fuerza, pero rico, próspero y acaudalado. Su casa era grande, en extensión y en altura, y era vieja, construida hacía mucho tiempo. La habitaban muchos seres vivos, unos dos, tres, cuatro o cinco centenares. Tenía una única puerta. El tejado era de paja, las terrazas se habían hundido, los cimientos estaban podridos, las paredes, esteras y cemento se encontraban en avanzado estado de descomposición. De pronto apareció una gran llamarada de fuego y la casa empezó a arder por todos lados. Y este hombre tenía muchos hijos jóvenes, cinco, diez, o veinte, y salió él solo de la casa. »Cuando aquel hombre vio su casa ardiendo por todas partes con una gran masa de fuego, le entró miedo y se puso a temblar, se le agitó la mente y pensó para sí: "He sido bastante competente, en verdad, para atravesar la puerta y escapar de la casa en llamas, rápido y seguro, sin que me tocara ni me chamuscara esa gran masa de fuego. Pero ¿y mis hijos, mis hijos jóvenes, mis hijos pequeños? Aquí, en esta casa en llamas, juegan, corretean y se divierten con todo tipo de juegos. No saben que su residencia está en llamas, no lo entienden, no lo perciben, no le prestan atención, y por eso no sienten ninguna agitación. Aunque amenazados por este gran [fuego], aunque en estrecho contacto con tanto mal, no prestan atención al peligro que entraña y no hacen ningún esfuerzo por salir."»

De *The Saddharmapundarika*, en *Buddhist Scriptures*, EDWARD CONZE, ed. (Harmondsworth, Middlesex, Inglaterra, Penguin Books, 1959)

Una de las razones que hace tan interesante escribir para la revista *Parade* es lo que recibo a cambio. Con ochenta millones de lectores se puede hacer un muestreo de la opinión de los ciudadanos de los Estados Unidos. Se puede entender qué piensa la gente, cuáles son sus ansiedades y esperanzas, y quizá incluso dónde nos hemos perdido.

En *Parade* salió publicada una versión abreviada del capítulo anterior en el que se reflejaba la actuación de estudiantes y profesores. Recibí una montaña de correo. Algunos negaban que existiera un problema; otros decían que los americanos estaban perdiendo su aguda inteligencia y saber hacer. Unos pensaban que había soluciones fáciles; otros que la raíz de los problemas era demasiado profunda para resolverlos. Muchas opiniones me sorprendieron.

Un profesor de décimo curso de Minnesota hizo copias del artículo y animó a los alumnos a decirme lo que pensaban. Transcribo a continuación lo que escribieron algunos estudiantes de enseñanza secundaria norteamericanos (respetando la gramática y puntuación de las cartas originales):

- No hay americanos estúpidos. Sólo sacamos peores notas en la escuela, y qué.
- A lo mejor es bueno que no seamos tan listos como los otros países. Así podemos importar todos nuestros productos y no tenemos que gastar todo el dinero en las piezas de las mercancías.
- Y si otros países lo hacen mejor, ¿qué importa? Lo más probable es que acaben viniendo a Estados Unidos.
- Nuestra sociedad va tirando con los descubrimientos que hacemos. Avanza despacio, pero la curación del cáncer está en camino.
- Estados Unidos tiene su propio sistema de aprendizaje y a lo mejor no es tan avanzado como el de ellos, pero es igual de bueno. Por otra parte, creo que su artículo es muy educativo.

- A ningún niño de esta escuela le gusta la ciencia. Realmente no entiendo de qué va el artículo. Me pareció muy aburrido. Simplemente, no me interesa.
- Yo estudio para ser abogado y, francamente, estoy de acuerdo con mis padres cuando dicen que tengo un problema de actitud con la ciencia.
- Es verdad que algunos niños americanos no lo intentan pero, si quisiésemos, podríamos ser más listos que cualquier otro país.
- En lugar de hacer deberes, los niños miran la televisión. Tengo que reconocer que yo lo hago. Me he puesto el límite de unas cuatro horas al día.
- No creo que sea culpa del sistema de la escuela, me parece que todo el país pone un énfasis insuficiente en la escuela. Mi mamá prefiere verme jugar al baloncesto o al fútbol que ayudarme a hacer un trabajo. Conozco muchos chicos a los que les da totalmente igual no hacer bien su trabajo.
- No creo que los chicos americanos sean estúpidos. Sólo ocurre que no estudian bastante porque la mayoría trabajan... Mucha gente dice que los asiáticos son más listos que los americanos y que lo hacen todo bien, pero no es verdad. No son buenos en deportes. No tienen tiempo de hacer deporte.
- Yo me dedico a hacer deporte, y tengo la impresión que los otros chicos de mi equipo te empujan a sobresalir más en el deporte que en los estudios.
- Para ser los primeros tendríamos que ir todo el día a la escuela y no hacer vida social.
- Ahora entiendo por qué muchos profesores de ciencias se enfadan con usted por menospreciar su trabajo.
- A lo mejor, si los profesores fueran más interesantes, los chicos querían aprender... Si la ciencia se presentara de manera divertida, los chicos querían aprender. Para ello, ya sería hora de empezar a dejar de enseñarla como meros hechos y números.
- Francamente, me cuesta creer los datos sobre la ciencia en Estados Unidos. Si estamos tan atrasados, ¿cómo es que Mijaíl Gorbachov vino a Minnesota y a Datos de Control de Montana para ver cómo funcionan nuestras computadoras y eso?
- ¡Unas 33 horas para los de quinto curso! En mi opinión es tanto que casi son las mismas horas que un trabajo de jornada completa. Así, en lugar de hacer deberes, podríamos ganar dinero.
- Cuando comenta lo atrasados que estamos en ciencia y matemáticas, ¿por qué no intenta decirlo de una manera más amable?... Debería sentir un poco más de orgullo de su país y sus capacidades.
- Creo que sus hechos son poco concluyentes y las pruebas muy flojas. En general, ha planteado un buen tema.

En general, estos estudiantes no creen que exista un problema serio; y, si existe, no puede hacerse gran cosa al respecto. Había muchos que también se quejaban de que las conferencias, las discusiones en clase y los deberes eran «aburridos». Para una generación televisiva que sufre trastornos de déficit en diferentes grados, desde luego *son* aburridos. Pero pasar tres o cuatro cursos practicando una y otra vez la suma, resta, multiplicación y división de fracciones puede aburrir a cualquiera... y la tragedia es que, por ejemplo, la teoría de la probabilidad elemental está al alcance de esos estudiantes. Igual ocurre con la presentación de las formas de plantas y animales sin evolución; la historia como guerras, fechas y reyes sin el papel de la obediencia a la autoridad, la avaricia, la incompetencia y la ignorancia; el inglés sin la introducción de nuevas palabras en el lenguaje y la desaparición de las viejas; y la química sin el origen de los elementos. Se ignoran los medios para despertar el interés de estos estudiantes a pesar de tenerlos a mano. Dado que lo que queda grabado en la memoria de los alumnos a largo plazo, de todo lo aprendido en la escuela, es sólo una pequeña fracción, ¿no parece esencial plantearles temas que no sean aburridos... e inculcarles el deseo de aprender?

La mayoría de los adultos que me escribieron consideraban que era un problema importante. Recibí cartas de padres que me hablaban de chicos con curiosidad dispuestos a trabajar duro, con pasión por la ciencia pero carentes de un entorno adecuado o de recursos para satisfacer sus intereses. Otras cartas eran de padres que no sabían nada de ciencia y sacrificaban su propia comodidad para que sus hijos pudieran tener libros de ciencia, microscopios, telescopios, ordenadores y equipos de química; de padres que decían a sus hijos que el estudio disciplinado los sacaría de la pobreza; de una abuela que llevaba el té a un estudiante que seguía haciendo los deberes a altas horas de la noche; de la presión de los compañeros para no destacar en la escuela porque «hace que los demás parezcan malos»,

Aquí hay una muestra —no una encuesta de opinión, pero sí comentarios representativos— de otras respuestas de padres:

- ¿Entienden los padres que no se puede ser un ser humano completo si se es un ignorante? ¿Tienen libros en casa? ¿Y una lupa? ¿Enciclopedia? ¿Animan a sus hijos a estudiar?
- Los padres enseñan a ser paciente y perseverante. El don más importante que pueden ofrecer a sus hijos es la ética del trabajo duro, pero no se pueden limitar a hablar de ello. Los que aprenden a trabajar duro son los que lo ven hacer a sus padres.
- A mi hija le fascina la ciencia, pero no le enseñan nada en la escuela ni en la televisión.

- Mi hija ha sido calificada de superdotada, pero la escuela no tiene ningún programa de enriquecimiento en ciencias. El tutor me dijo que la enviara a una escuela privada, pero no nos lo podemos permitir.
- La presión de los compañeros es enorme; los tímidos no quieren «destacar» sacando buenas notas en ciencias. Desde que llegó a los trece o catorce años, el interés que siempre había tenido mi hija por la ciencia empezó a desaparecer.

---000---

Los padres también tenían mucho que decir sobre los profesores, y algunos comentarios de éstos eran un eco de los suyos. Por ejemplo, se quejaban de que los profesores están preparados para la manera de enseñar pero no para saber qué enseñar; que gran número de profesores de física y química no son licenciados en física o química y enseñan la ciencia con «incomodidad e incompetencia»; que los propios profesores muestran demasiada angustia ante la ciencia y las matemáticas; que se resisten a que les hagan preguntas, o contestan: «Está en el libro. Míralo.» Algunos se quejaban de que el profesor de biología era un «creacionista»; otros se quejaban de que no lo era. Entre otros comentarios de los profesores o acerca de ellos:

- Estamos criando una colección de imbéciles.
- Es más fácil memorizar que pensar. Se tiene que enseñar a los niños a pensar.
- Los profesores y los programas están «cayendo» al mínimo común denominador.
- ¿Por qué el entrenador de baloncesto enseña química?
- Se exige a los profesores que dediquen demasiado tiempo a la disciplina y al «programa social». No tenemos ningún incentivo para ejercer nuestro propio juicio. Siempre tenemos a los «altos mandos» mirándonos por encima del hombro.
- Abandonar las plazas en propiedad en escuelas y universidades. Librarse de los inútiles. Dejar la contratación y el despido a los directores, decanos y superintendentes.
- Mi placer por la enseñanza se vio repetidamente frustrado por los directores de tipo militarista.
- Se debería dar una recompensa a los profesores según su rendimiento... especialmente según el rendimiento de los estudiantes en pruebas nacionales estandarizadas y la mejora de rendimiento del estudiante en estas pruebas de un año a otro.

- Los profesores están ahogando las mentes de nuestros hijos cuando les dicen que no son lo bastante «listos»... por ejemplo, para estudiar física. ¿Por qué no darles la posibilidad de empezar el curso?
- Mi hijo tuvo que pasar de curso aunque está dos niveles por debajo de los demás de la clase en lectura. La razón que me dieron era social, no educativa. Nunca alcanzará buen nivel si no lo cambian.
- En todas las escuelas se debería exigir que la ciencia (y especialmente en la escuela superior) esté incluida en el programa. Debería estar coordinada con los cursos de matemáticas que toman los estudiantes al mismo tiempo.
- La mayor parte de los deberes son una pura «ocupación» en lugar de ser algo que haga pensar.
- Pienso que Diane Ravitch [*New Republic*, 6 de marzo de 1989] lo cuenta tal como es: «Como contó hace poco una estudiante de la Hunter High School en la ciudad de Nueva York: "Saco muchos sobresalientes, pero nunca hablo de ello... Es más enrollado sacar malas notas. Si te interesa la escuela y se nota, te tildan de 'bicho raro'..." La cultura popular —a través de la televisión, cine, revistas y vídeos— transmite continuamente el mensaje a las mujeres jóvenes de que es mejor ser popular, sexy y "enrollada" que inteligente, competente y honesta. En 1986, los investigadores encontraron una ética antiacadémica similar entre los estudiantes masculinos y femeninos de enseñanza superior de Washington, D. C. Apuntaban que los estudiantes capaces tenían que soportar una fuerte presión de sus compañeros para no sacar buenas notas en la escuela. Si triunfaban en los estudios, podían ser acusados de "actuar como blancos".»
- Sería fácil para las escuelas conceder mucho más reconocimiento y recompensas a los chicos que destacan en ciencias y matemáticas. ¿Por qué no lo hacen? ¿Por qué no regalarles chaquetas especiales con las letras de la escuela? ¿Anunciarlo en asambleas, en la revista de la escuela y la prensa local? ¿Recompensas especiales de la industria local y las organizaciones? Esto cuesta muy poco, y podría vencer la presión de los compañeros.
- El programa Headstart es el único eficaz... para que mejore la comprensión de la ciencia por parte de los niños y todo lo demás.

---000---

También había muchas opiniones apasionadas y muy controvertidas que, como mínimo, dan una idea de lo mucho que piensa la gente en este tema. Una muestra:

- Hoy en día todos los chicos listos buscan dinero rápido, por eso se hacen abogados y no científicos.



- Yo no quiero que mejore la educación. En este caso nadie querría conducir un taxi.
- El problema de la educación científica es que no se honra suficientemente a Dios.
- La enseñanza fundamentalista de que la ciencia es «humanismo» y no es de fiar es la razón por la que nadie entiende la ciencia. Las religiones tienen miedo del pensamiento escéptico que se halla en el corazón de la ciencia. Se sorbe el seso a los estudiantes para que no acepten el pensamiento científico mucho antes de llegar a la universidad.
- La ciencia se ha desacreditado a sí misma. Trabaja para los políticos. Fabrica armas, miente sobre los «riesgos» de la marihuana, ignora los peligros del agente naranja, etcétera.
- Las escuelas públicas no funcionan. Abandonémoslas. Que haya sólo escuelas privadas.
- Hemos dejado que los abogados de la permisividad, el pensamiento borroso y el socialismo rampante destruyeran lo que en otros tiempos fue un gran sistema educativo.
- El sistema escolar tiene suficiente dinero. El problema es que los blancos, normalmente entrenadores, que dirigen las escuelas no contratan nunca (y digo nunca) a un intelectual... Los preocupa más el equipo de fútbol americano que el programa y sólo contratan autómatas más que mediocres, amantes de Dios que sacan la bandera para enseñar. ¿Qué tipo de estudiantes puede salir de escuelas que oprimen, castigan e ignoran el pensamiento lógico?
- Liberar a las escuelas de la mordaza del ACLU [Sindicato Americano de Libertades Civiles], la NEA [Asociación Nacional de Educación] y otros responsables de la falta de disciplina y competencia en las escuelas.
- Me temo que no comprende en absoluto el país en el que vive. La gente es increíblemente ignorante y temerosa. No toleran escuchar una [nueva] idea... ¿No lo entiende? El sistema sólo sobrevive porque tiene una población ignorante que teme a Dios. Ésta es la razón por la que muchas [personas cultas] están sin empleo.
- A veces me piden que explique aspectos tecnológicos al personal del Congreso. Créame, en este país tenemos un problema con la educación científica.

---000---

No hay una única solución al problema del analfabetismo en ciencia, o en matemáticas, historia, inglés, geografía y muchas de las otras

habilidades que nuestra sociedad necesita. La responsabilidad recae sobre muchos: padres, el público votante, los comités escolares locales, los medios de comunicación, los profesores, los administradores, los gobiernos federal, estatal y local y, desde luego, los propios estudiantes. En todos los niveles, los profesores se quejan de que el problema es de los cursos anteriores. Y los profesores de primer grado pueden desesperarse con razón de enseñar a chicos con déficit de aprendizaje por culpa de la desnutrición, la falta de libros en casa o una cultura de violencia en la que es imposible alcanzar la tranquilidad necesaria para pensar.

Sé muy bien por propia experiencia el beneficio que puede reportar a un niño tener unos padres con un poco de cultura y capaces de transmitirla. Una serie de mejoras, aunque sean pequeñas, en la educación, la capacidad de comunicación y la pasión por aprender en una generación podría propiciar mejoras mucho mayores en la siguiente. Pienso en esto siempre que oigo el lamento de que los niveles escolares y universitarios bajan o que el título de licenciado no «significa» lo mismo que antes.

Dorothy Rich, una innovadora profesora de Yonkers, Nueva York, opina que, más importante que los temas académicos específicos, es la formación de capacidades clave, que según ella se incluyen en la siguiente lista: «confianza, perseverancia, atención, trabajo en equipo, sentido común y resolución de problemas». A lo que yo añadiría pensamiento escéptico y capacidad de asombro.

Al mismo tiempo se debe nutrir y animar a los niños con capacidades y habilidades especiales. Son un tesoro nacional. A veces se critican los programas para «superdotados» por ser «elitistas». ¿Por qué no se consideran elitistas las sesiones de práctica intensiva de fútbol, béisbol y baloncesto universitarios y la competición entre escuelas? Al fin y al cabo, sólo participan los atletas más dotados. En este país hay una doble actitud muy contraproducente.

-----00000-----

El problema de la educación pública en ciencia y otras disciplinas es tan profundo que es fácil desesperarse y llegar a la conclusión de que no se resolverá nunca. Y, sin embargo, hay instituciones en las grandes ciudades y pequeños pueblos que proporcionan una razón para la esperanza, lugares que encienden la chispa, que despiertan la curiosidad adormecida y avivan al científico que todos llevamos dentro:

- El enorme meteorito de hierro metálico que tiene usted delante está tan lleno de agujeros como un queso suizo. Cautelosamente estire el brazo para

tocarlo. Es suave y frío. Se le ocurre la idea de que procede de otro mundo. ¿Cómo llegó a la Tierra? ¿Qué ocurrió en el espacio para que se machacara tanto?...

- La exposición muestra mapas de Londres en el siglo XVIII la extensión de una horrible epidemia de cólera. Los habitantes de una casa lo contagiaban a la casa vecina. Siguiendo el curso de la ola de infección, usted mismo puede ver dónde empezó. Es como hacer de detective. Y cuando encuentra el origen, ve que es un lugar con alcantarillas abiertas. Se le ocurre que el hecho de que deba existir un sistema de saneamiento adecuado en las ciudades modernas es una cuestión de vida o muerte. Piensa en todas las ciudades y pueblos del mundo que no lo tienen. Empieza a pensar que a lo mejor hay una manera más fácil, más sencilla de hacerlo...

- Se arrastra por un túnel largo totalmente a oscuras. Hay súbitos recodos, subidas y bajadas. Atraviesa un bosque de cosas como plumas, abalorios, grandes bolas sólidas. Se imagina lo que debe de ser la ceguera. Piensa en lo poco que confiamos en nuestro sentido del tacto. En la oscuridad y la calma, se encuentra solo con sus pensamientos. La experiencia es estimulante...

- Examina una reconstrucción detallada de una procesión de sacerdotes que suben a uno de los grandes zigurats de Sumeria, o a una tumba con pinturas fantásticas en el Valle de los Reyes en el antiguo Egipto, o una casa en la antigua Roma, o una calle de finales de siglo a escala real en una pequeña ciudad de Estados Unidos. Piensa en todas esas civilizaciones, tan diferentes de la suya; si hubiera nacido en ellas, le parecerían completamente naturales y consideraría extraña *nuestra* sociedad si de algún modo hubiera tenido noticias de ella...

- Aprieta el cuentagotas y cae una gota de agua sobre la platina del microscopio. Mira la imagen proyectada. La gota está llena de vida: seres extraños que nadan, se arrastran, tropiezan; un gran espectáculo de persecución y fuga, triunfo y tragedia. Este mundo está poblado por seres mucho más exóticos que cualquier película de ciencia ficción...

- Sentado en el teatro, se encuentra dentro de la cabeza de un niño de once años. Mira a través de sus ojos. Ve sus típicas crisis diarias: peleones mayores que él, adultos autoritarios, chicas que le gustan. Oye la voz que hay dentro de su cabeza. Es testigo de sus respuestas neurológicas y hormonales a su entorno social. Y se le ocurre preguntarse cómo funciona *usted* por dentro...

- Siguiendo las sencillas instrucciones, teclea los órdenes. ¿Cómo acabará la Tierra si seguimos quemando carbón, petróleo y gas, y doblamos la cantidad de dióxido de carbono en la atmósfera? ¿Cuánto aumentará la temperatura? ¿Cuánto hielo polar se fundirá? ¿Cuánto subirán los océanos? ¿Por qué verter

tanto dióxido de carbono en la atmósfera? También ¿cómo puede saber alguien qué clima habrá en el futuro? Se pone a pensar...

Cuando era pequeño me llevaron al Museo Americano de Historia Natural de Nueva York. Me fascinaron los dioramas: representaciones vividas de animales y sus hábitats en todo el mundo. Pingüinos en el hielo poco iluminado de la Antártida; okapis en la luminosa sabana africana; una familia de gorilas, con el macho golpeándose el pecho, en un claro de bosque a la sombra; un oso pardo americano de tres metros de altura que me miraba fijamente erguido sobre sus patas traseras. Eran imágenes fijas de tres dimensiones captadas por el genio de la lámpara maravillosa. ¿Se movió el oso justo en aquel momento? ¿Pestañeó el gorila? ¿Podría volver el genio, deshacer el hechizo y hacer que aquella serie maravillosa de criaturas volviera a la vida mientras yo miraba boquiabierto?

Los chavales tienen un deseo irresistible de tocar. En aquellos tiempos, las dos palabras más repetidas en un museo eran «no tocar». Hace décadas no había casi nada «tocable» en los museos de ciencia o historia natural, ni siquiera un estanque simulado del que se pudiera coger un cangrejo e inspeccionarlo. Lo más parecido a una exposición interactiva que conocí de pequeño eran las balanzas del Hayden Planetarium, una para cada planeta. Con mis mínimos veinte kilos de peso en la Tierra, la idea de que, si viviera en Júpiter, pesaría cuarenta y cinco, me produjo cierta satisfacción. Por desgracia, en la Luna sólo pesaría tres kilos: sería casi como si no existiera.

Hoy en día se alienta a los niños a tocar, mirar, recorrer las ramificaciones de un árbol de preguntas y respuestas en el ordenador, o emitir ruidos curiosos y ver qué aspecto tienen las ondas de sonido. Incluso los que no se fijan en todos los detalles de la exposición, o ni siquiera le ven la gracia, suelen sacar algo valioso. Cuando uno va a estos museos se da cuenta de las miradas de sorpresa y asombro de los chavales que corren de sala en sala con la sonrisa triunfante del descubrimiento. Son realmente populares. El número de personas que vamos a exposiciones todos los años es igual al de los que van a ver partidos de béisbol, baloncesto y fútbol profesionales juntos.

Esas exposiciones no sustituyen a la educación en la escuela o en casa, pero despiertan y producen entusiasmo. Un gran museo de ciencia inspira a un niño a leer un libro, a seguir un curso o a volver otra vez al museo para sumergirse en un proceso de descubrimiento... y, más importante, aprender el método de pensamiento científico.

Otra característica gloriosa de muchos museos de ciencia modernos es un teatro cinematográfico con películas IMAX u OMNIMAX. En algunos

casos, la pantalla mide como diez pisos de altura y envuelve al espectador. El Museo Nacional Smithsonian del Aire y el Espacio, el más popular de la Tierra, ha estrenado en su teatro Langlet algunas de las mejores películas. *Volar* todavía me provoca un nudo en la garganta, a pesar de haberla visto cinco o seis veces. He visto líderes religiosos de muchas confesiones que, después de ver *Planeta azul*, se han convertido allí mismo a la necesidad de proteger el medio ambiente de la Tierra.

No todas las exposiciones y museos de ciencia son ejemplares. Algunos siguen siendo anuncios de las empresas que han contribuido con dinero para promocionar sus productos: cómo funciona un motor de automóvil o la «limpieza» de un combustible fósil comparado con otro. Muchos museos que dicen ser de ciencia son en realidad de tecnología y medicina. Muchas exposiciones de biología todavía tienen miedo de mencionar la idea clave de la biología moderna: la evolución. Los seres «se desarrollan» o «surgen», pero nunca evolucionan. Se quita importancia a la ausencia de humanos en el registro fósil de estratos. No se nos enseña nada de la cercana identidad anatómica y de ADN entre los humanos y los chimpancés o gorilas. No se muestra nada sobre las moléculas orgánicas complejas en el espacio o en otros mundos, ni sobre experimentos que enseñen cómo se forma la materia viva en enormes cantidades en las atmósferas conocidas de otros mundos y la presunta atmósfera de la Tierra primitiva. Una excepción notable: el Museo de Historia Natural del Instituto Smithsonian presentó en una ocasión una exposición memorable sobre la evolución. Empezaba con dos cucarachas en una cocina moderna con botes de cereales abiertos y otros alimentos. Tras unas semanas, el lugar se había llenado de cucarachas, montones por todas partes, que competían por la comida disponible, que ahora era poca. Quedaba claro el beneficio hereditario a largo plazo de una cucaracha un poco más adaptada que sus competidoras. Muchos planetarios todavía se dedican a señalar las constelaciones en lugar de viajar a otros mundos e ilustrar la evolución de galaxias, estrellas y planetas; también tienen un proyector parecido a un insecto, siempre visible, que enturbia la realidad del cielo.

La que quizá sea la exposición museística más grande no se puede visitar. No tiene hogar: George Awad es uno de los principales creadores de modelos arquitectónicos de Estados Unidos, especialista en rascacielos. También es un destacado estudioso de la astronomía que ha hecho un modelo espectacular del universo. Empezando con una escena prosaica sobre la Tierra, y siguiendo un esquema propuesto por los diseñadores Charles y Ray Eames, avanza progresivamente por factores de diez para mostrarnos toda la Tierra, el sistema solar, la Vía Láctea y el universo. Cada cuerpo *astronómico* está meticulosamente detallado. Uno puede perderse en ellos. Es una de las

mejores herramientas que conozco para explicar la escala y naturaleza del universo a los niños. Isaac Asimov lo describió como «la representación más imaginativa del universo que he visto jamás o que se podía concebir. He pasado horas recorriéndolo y cada vez he visto algo nuevo que no había visto antes». Deberíamos tener versiones disponibles en todo el país... para avivar la imaginación, la inspiración, la enseñanza. En cambio, el señor Awad no puede ofrecer esta exposición a ningún museo de la ciencia importante del país. Nadie está dispuesto a concederle el espacio que necesita. En el momento de escribir estas líneas, se encuentra todavía abandonada, embalada en un almacén.

---000---

La población de mi ciudad, Ithaca, Nueva York, duplica su número hasta un total de cincuenta mil personas cuando la Universidad de Cornell y el Ithaca College están en funcionamiento. Étnicamente diversa, rodeada de tierra cultivada, ha sufrido, como gran parte del noreste de Estados Unidos, la decadencia de su base manufacturera del siglo XIX. La mitad de los niños de la escuela elemental Beverly J. Martín, donde iba nuestra hija, viven por debajo del nivel de pobreza. Estos niños eran una preocupación constante para dos profesores de ciencias voluntarios, Debbie Levin e Lima Levine. No les parecía correcto que para algunos, es decir, para los hijos de los profesores de Cornell, por ejemplo, ni siquiera el cielo tuviera límites. Otros no tenían acceso a los poderes liberadores de la educación científica. En la década de los sesenta empezaron a hacer visitas regulares a la escuela arrastrando su carrito de biblioteca lleno de productos químicos domésticos y otros artículos familiares para transmitir algo de la magia de la ciencia. Soñaban con crear un espacio en el que los niños pudieran tener una sensación personal, de primera mano, de la ciencia.

En 1983, Levin y Levine pusieron un pequeño anuncio en nuestro periódico local invitando a la comunidad a comentar la idea. Se presentaron cincuenta personas. De este grupo salió el primer comité de directores del centro científico. En un año consiguieron un espacio para exponer en la primera planta de un edificio de oficinas que estaba por alquilar. Cuando el dueño encontró a un inquilino que pagaba, empaquetaron los renacuajos y el papel tornasol y los llevaron a otro local vacío.

Hicieron más traslados a otros almacenes hasta que un hombre de Ithaca llamado Bob Leathers, un arquitecto conocido en todo el mundo por el innovador diseño de campos de juego comunitarios, trazó y donó los planos para un centro científico permanente. Las empresas locales ofrecieron el

dinero suficiente para adquirir un solar abandonado de la ciudad y contratar un director ejecutivo, Charles Trautmann, ingeniero civil de Cornell. Leathers y él fueron a la reunión anual de la Asociación Nacional de Constructores en Atlanta. Trautmann explica que contaron la historia de «una comunidad decidida a hacerse responsable de la educación de sus jóvenes y consiguieron donaciones de muchos artículos clave como ventanas, tragaluces y maderas».

Antes de empezar a construir se tuvo que derribar parte de la vieja cabaña que había en el solar. Los miembros de una fraternidad de Cornell se prepararon. Provistos de cascos y martillos demolieron la casa alegremente. «Es el tipo de cosas que suelen traernos problemas cuando las hacemos», decían. En dos días sacaron doscientas toneladas de escombros.

Lo que siguió fueron imágenes surgidas directamente de una América que muchos de nosotros tememos que haya desaparecido. Siguiendo la tradición de la construcción de establos de los pioneros, todos los miembros de la comunidad —albañiles, doctores, carpinteros, profesores universitarios, fontaneros, granjeros, los más jóvenes y los más viejos—, todos se arremangaron para empezar a construir el centro científico.

«Se mantuvo un horario continuo de siete días a la semana —dice Trautmann— para que todo el mundo pudiera colaborar en cualquier momento. Todos recibían una tarea. Los voluntarios con experiencia construyeron escaleras, pusieron suelos y azulejos y cortaron las ventanas. Otros pintaron, clavaron clavos y transportaron suministros.» Unas dos mil doscientas personas de la ciudad dedicaron más de cuarenta mil horas. Aproximadamente, el diez por ciento del trabajo de construcción fue realizado por personas condenadas por delitos menores; preferían hacer algo para la comunidad que quedarse en la cárcel con los brazos cruzados. Diez meses después, Ithaca tenía el único museo de ciencia del mundo construido por la comunidad.

Entre las setenta y cinco exposiciones interactivas que destacan los procesos y principios de la ciencia se encuentran: el Magicam, un microscopio que los visitantes pueden usar para reflejarlo en un monitor de color y fotografiar cualquier objeto con un aumento de cuarenta veces; la única conexión pública del mundo con la Red Nacional de Detección de Rayos basada en un satélite; una cámara fotográfica de 1,80 x 3 metros en la que se puede entrar; un hoyo fósil sembrado con esquisto local donde los visitantes buscan fósiles de trescientos ochenta millones de años y se pueden quedar los que encuentran; una boa constrictor de dos metros y medio de largo llamada *Spot* y una serie asombrosa de otros experimentos ordenadores y actividades.

Levin y Levine todavía están allí, enseñando como voluntarios a tiempo completo a los ciudadanos y científicos del futuro. La Fundación

DeWitt Wallace-Reader's Digest da apoyo y extensión a su sueño de llegar a chicos que de lo contrario tendrían negado el acceso que les corresponde por derecho a la ciencia. A través del programa nacional de la fundación Youth-ALIVE, los adolescentes de Ithaca reciben una intensa tutoría para desarrollar su capacidad científica, resolución de conflictos y habilidades laborales.

Levin y Levine creyeron que la ciencia debía llegar a todos. Su comunidad estuvo de acuerdo y se comprometió a realizar el sueño. En el primer año visitaron el Centro de Ciencia cincuenta y cinco mil personas de los cincuenta estados y de sesenta países. No está mal para una ciudad tan pequeña. Hace que uno se pregunte lo que podríamos llegar a conseguir si trabajásemos todos unidos en la creación de un futuro mejor para nuestros hijos.



CAPÍTULO 21

EL CAMINO

DE LA

LIBERTAD<sup>37</sup>

---

---

<sup>37</sup> Escrito con Ann Druyan.



No debemos creer a los muchos que dicen  
que sólo se ha de educar al pueblo libre,  
sino más bien a los filósofos que dicen  
que sólo los cultos son libres.

EPICTETO, filósofo romano y antiguo  
esclavo, *Discursos*

Frederick Bailey era un esclavo. En Maryland, en la década de 1820, era un niño sin madre ni padre que le cuidasen. («Es costumbre común — escribió más tarde— separar a los niños de sus madres... antes de llegar al duodécimo mes.» Era uno de los incontables millones de niños esclavos con nulas perspectivas realistas de una vida plena.

Lo que Bailey vio y experimentó de pequeño le marcó para siempre: «A menudo me han despertado al nacer el día los alaridos desgarradores de una tía mía a la que [el supervisor] solía atar a un poste para azotarle la espalda desnuda hasta dejarla literalmente cubierta de sangre... De la salida a la puesta del sol se dedicaba a maldecir, desvariar, herir y azotar a los esclavos del campo... Parecía disfrutar manifestando su diabólica barbarie.»

A los esclavos les habían metido en la cabeza, tanto en la plantación como desde el pulpito, el tribunal y la cámara legislativa, la idea de que eran inferiores hereditariamente, que Dios los *destinó* a la miseria. La Santa Biblia, como se confirmaba en un número incontable de pasajes, consentía la esclavitud. De ese modo, la «peculiar institución» se mantenía a sí misma a pesar de su naturaleza monstruosa... de la que hasta sus practicantes debían de ser conscientes.

Había una norma muy reveladora: los esclavos debían seguir siendo analfabetos. En el sur de antes de la guerra, los blancos que enseñaban a leer a un esclavo recibían un castigo severo. «[Para] tener contento a un esclavo —escribió Bailey más adelante— es necesario que no piense. Es necesario oscurecer su visión moral y mental y, siempre que sea posible, aniquilar el poder de la razón.»

Esta es la razón por la que los negreros deben controlar lo que oyen, ven y piensan los esclavos. Esta es la razón por la que la lectura y el pensamiento crítico son peligrosos, ciertamente subversivos, en una sociedad injusta.

Imaginemos ahora a Frederick Bailey en 1829: un niño afroamericano de diez años, esclavizado, sin derechos legales de ningún tipo, arrancado tiempo atrás de los brazos de su madre, vendido entre los restos diezmados de su amplia familia como si fuera un becerro o un poni, enviado a una casa desconocida en una extraña ciudad de Baltimore y condenado a una vida de trabajos forzados sin perspectiva de redención.

Bailey fue a trabajar para el capitán Hugh Auld y su esposa, Sophia, y pasó de la plantación al frenesí urbano, del trabajo de campo al trabajo doméstico. En este nuevo entorno, todos los días veía cartas, libros y gente que sabía leer. Descubrió lo que él llamaba «el misterio» de leer: había una relación entre las letras de la página y el movimiento de los labios del que leía, una correlación casi de uno a uno entre los garabatos negros y los sonidos expresados. Subrepticamente, estudiaba el *Webster Spelling Book* de Tommy Auld. Memorizó las letras del alfabeto. Intentó entender qué significaban los sonidos. Finalmente, pidió a Sophia Auld que le ayudase a aprender. Impresionada por la inteligencia y dedicación del chico, y quizá ignorante de las prohibiciones, accedió a ello.

Cuando Frederick ya empezaba a deletrear palabras de tres o cuatro letras, el capitán Auld descubrió lo que sucedía. Furioso, ordenó a Sophia que dejara aquello inmediatamente. En presencia de Frederick, le explicó:

Un negro no debe saber otra cosa que obedecer a su amo... hacer lo que se le dice. Aprender *echaría a perder* al mejor negro del mundo. Si enseñas a un negro a leer, será imposible mantenerlo. Le incapacitará para ser esclavo a perpetuidad.

Auld reprendió a Sophia con estas palabras como si Frederick Bailey no estuviera en la habitación con ellos, o como si fuera un bloque de piedra.

Pero Auld había revelado el gran secreto a Bailey: «Ahí entendí... el poder del hombre blanco para esclavizar al negro. A partir de este momento entendí el camino de la esclavitud a la libertad.»

Desprovisto de la ayuda de Sophia Auld, ahora reticente e intimidada, Frederick encontró la manera de seguir aprendiendo a leer, preguntando incluso por la calle a los niños blancos que iban a la escuela. Entonces empezó a enseñar a sus compañeros esclavos:

«Habían tenido siempre el pensamiento en ayunas. Los habían encerrado en la oscuridad mental. Yo les enseñaba, porque era una delicia para mi alma.»

El hecho de saber leer jugó un papel clave en su fuga. Bailey escapó a Nueva Inglaterra, donde la esclavitud era ilegal y los negros eran libres. Cambió su nombre por el de Frederick Douglas (personaje de *La dama del lago* de Walter Scott), eludió a los cazadores de recompensas que perseguían a esclavos fugitivos y se convirtió en uno de los mayores oradores, escritores

y líderes políticos de la historia americana. Toda su vida fue consciente de que la alfabetización le había abierto el camino.

---000---

El noventa y nueve por ciento del tiempo de existencia de humanos en la Tierra, no había nadie que supiera leer ni escribir. Todavía no se había hecho el gran invento. Aparte de la experiencia de primera mano, casi todo lo que sabíamos se transmitía de manera oral. Como en el juego infantil del «teléfono», durante decenas y centenares de generaciones la información se iba distorsionando lentamente y acababa perdida.

Los libros lo cambiaron todo. Los libros, que se pueden comprar a bajo coste, nos permiten preguntarnos por el pasado con gran precisión, aprovechar la sabiduría de nuestra especie, entender el punto de vista de otros, y no sólo de los que están en el poder; contemplar —con los mejores maestros— los conocimientos dolorosamente extraídos de la naturaleza por las mentes más grandes que jamás existieron, en todo el planeta y a lo largo de toda nuestra historia. Permiten que gente que murió hace tiempo hable dentro de nuestras cabezas. Los libros nos pueden acompañar a todas partes. Los libros son pacientes cuando nos cuesta entenderlos, nos permiten repasar las partes difíciles tantas veces como queramos y nunca critican nuestros errores. Los libros son la clave para entender el mundo y participar en una sociedad democrática.

Según algunos estudios, la alfabetización de los afroamericanos ha progresado mucho desde la emancipación. En 1860 se estima que sólo cerca del cinco por ciento de afroamericanos sabían leer y escribir. En 1890 se consideró alfabetizado un treinta y nueve por ciento, según el censo de Estados Unidos y, en 1969, el noventa y seis por ciento. Entre 1940 y 1992, la fracción de afroamericanos que terminaban la enseñanza superior subió del siete al ochenta y dos por ciento. Pero se pueden hacer preguntas razonables sobre la calidad de la educación y los niveles de alfabetización demostrada. Estas cuestiones son aplicables a todos los grupos étnicos.

Un estudio nacional realizado por el Departamento de Educación de Estados Unidos traza un cuadro de un país con más de cuarenta millones de adultos apenas alfabetizados. Otras estimaciones son mucho peores. La alfabetización de adultos jóvenes ha caído de manera espectacular en la última década. Sólo del tres al cuatro por ciento de la población puntúa en el nivel de lectura más alto de cinco (esencialmente, todos los de este grupo han ido a la universidad). La inmensa mayoría no tienen ni idea de lo mal que leen. Sólo el cuatro por ciento de los que tienen el nivel de lectura más alto

son pobres, pero el cuarenta y tres por ciento de los que tienen el nivel de lectura más bajo son pobres. Aunque, desde luego, no es el único factor, en general, cuanto mejor lees, más ganas: un promedio de unos 12 000 dólares al año en el más bajo de estos niveles de lectura y cerca de 34 000 dólares al año en el más alto. Parece ser una condición necesaria, si no suficiente, para ganar dinero. Y es mucho más probable estar en la cárcel si uno es analfabeto o casi. (Al evaluar esos hechos, debemos cuidar de no deducir impropriamente la causa de la correlación.)

También, la gente más pobre alfabetizada y marginal tiende a no entender que las elecciones podrían ayudarlos a ellos y a sus hijos y, en número asombrosamente desproporcionado, dejan de votar. Eso va socavando la democracia en sus raíces.

Si Frederick Douglas pudo aprender cuando era un niño esclavizado y entrar en el alfabetismo y la grandeza, ¿por qué hoy, en una época tan ilustrada, queda alguien que no sabe leer? Bien, no es tan sencillo, en parte porque pocos de nosotros somos tan brillantes y valientes como Frederick Douglas, pero también por otras razones importantes.

Si uno crece en una casa donde hay libros, donde alguien le lee, donde padres, hermanos, tías, tíos y primos leen por placer, es natural que aprenda a leer. Si no hay nadie cerca que disfrute leyendo, ¿dónde está la prueba de que vale la pena? Si la calidad de la educación que uno tiene a su alcance es inadecuada, si a uno le enseñan a memorizar al pie de la letra y no a pensar, si el contenido de lo que se nos da para leer viene de una cultura casi ajena, la alfabetización puede ser un camino lleno de obstáculos.

Es preciso asimilar, hasta convertirlas en una segunda piel, docenas de letras mayúsculas y minúsculas, símbolos y señales de puntuación, memorizar cómo se deletrea cada palabra y aprender una serie de normas rígidas y arbitrarias de gramática. Si uno está condicionado por la ausencia de apoyo básico familiar o ha caído en un mar de rabia, negligencia, explotación, peligro y odio a sí mismo, puede llegar perfectamente a la conclusión de que aprender a leer cuesta demasiado y no vale la pena esforzarse. Si uno recibe repetidamente el mensaje de que es demasiado estúpido para aprender (o, el equivalente funcional, demasiado enrollado para aprender), y si no hay nadie que le contradiga, podría aceptar perfectamente este pernicioso consejo. Siempre hay algunos niños —como Frederick Bailey— que vencen al destino. Son demasiados los que no lo hacen.

Pero, más allá de todo eso, si uno es pobre, hay una manera insidiosa de crear otra dificultad en el esfuerzo por leer... e incluso pensar.

Ann Druyan y yo venimos de familias que conocieron la pobreza. Pero nuestros padres eran lectores apasionados. Una abuela nuestra aprendió

a leer porque su padre, un pobre granjero, cambió un saco de cebollas por libros a un maestro itinerante. Se pasó los cien años siguientes leyendo. A nuestros padres les habían metido en la cabeza la higiene personal y la teoría microbiana de la enfermedad en las escuelas públicas de Nueva York. Seguían las prescripciones sobre nutrición infantil que recomendaba el Departamento de Agricultura como si se las hubieran entregado en el monte Sinaí. El libro del gobierno sobre salud pública que teníamos estaba pegado por todas partes porque se le caían las páginas de tanto usarlo. Tenía las esquinas arrugadas. Los consejos básicos estaban subrayados. Lo consultaban siempre que había una crisis de salud. Durante un tiempo, mis padres dejaron de fumar —uno de los pocos placeres que tuvieron a su alcance durante los años de la Depresión— para que sus hijos pudieran tomar vitaminas y suplementos minerales. Ann y yo tuvimos mucha suerte.

Recientes investigaciones demuestran que cuando los niños no comen lo suficiente terminan con una disminución de la capacidad de entender y aprender («deterioro cognitivo»). Eso no sólo ocurre cuando el hambre es atroz. Puede suceder incluso con una ligera desnutrición: el tipo más común entre los pobres de Norteamérica. Eso puede ocurrir antes de que nazca el niño (si la madre no come lo suficiente), en la primera infancia o en la niñez. Cuando no hay bastante comida, el cuerpo tiene que decidir cómo invertir los alimentos limitados de que dispone. Lo primero es la supervivencia. El crecimiento viene en segundo lugar. En esta criba nutritiva, el cuerpo parece obligado a calificar el aprendizaje en último lugar. Mejor ser estúpido y estar vivo, deduce, que listo y muerto.

En lugar de mostrar entusiasmo y deseo de aprender —como hacen la mayoría de los jóvenes saludables— el niño mal nutrido se vuelve aburrido, apático e insensible. La desnutrición más grave es causa de menor peso al nacer y, en sus formas más extremas, de cerebros más pequeños. Sin embargo, hasta un niño con un aspecto perfectamente sano pero con falta de hierro, por ejemplo, sufre un declive inmediato en su capacidad de concentrarse. La anemia por deficiencia de hierro puede afectar a más de una cuarta parte de todos los niños con bajos ingresos de Norteamérica; afecta al período de concentración y memoria y puede tener secuelas hasta bien entrada la edad adulta.

Lo que en otros tiempos se consideraba una desnutrición relativamente ligera, ahora se cree potencialmente asociado al deterioro cognitivo de toda la vida. Los niños desnutridos, aunque sea por poco tiempo, sufren una disminución de su capacidad de aprender. Y millones de niños norteamericanos pasan hambre todas las semanas. El envenenamiento por plomo, que es endémico en ciudades del interior, también provoca serios déficits de aprendizaje. Según muchos criterios, la prevalencia de la pobreza



en Norteamérica ha crecido de manera constante desde principios de la década de los ochenta. Casi una cuarta parte de niños de Estados Unidos viven ahora en la pobreza: la tasa más alta de pobreza infantil en el mundo industrializado. Se estima que, sólo entre 1980 y 1985, murieron más bebés y niños estadounidenses de enfermedades evitables, desnutrición y otras consecuencias de la pobreza extrema que en todas las batallas americanas durante la guerra del Vietnam.

Algunos programas sabiamente instituidos a nivel federal o estatal se ocupan de la desnutrición. El programa de suplemento especial de alimentos para mujeres, bebés y niños (WIC), desayunos escolares y programas de comida, el programa de servicio alimentario de verano... todos han demostrado funcionar, aunque no llegan a toda la gente que los necesita. Un país tan rico es plenamente capaz de proporcionar comida suficiente a todos sus niños.

Algunos efectos deletéreos de la desnutrición se pueden eliminar; la terapia de reposición de hierro, por ejemplo, puede subsanar algunas consecuencias de la anemia por deficiencia de hierro.

Pero no todos los daños son reversibles. Sus causas (tanto si son biológicas, como psicológicas o ambientales) suelen ser indeterminadas. Pero ahora hay métodos que ayudan a aprender a leer a personas con dislexia.

No debería haber nadie que no pudiera aprender a leer porque no tiene la educación a su alcance. Pero hay muchas escuelas en Estados Unidos donde se enseña a leer como si se tratara de una excursión tediosa a los jeroglíficos de una civilización desconocida, y muchas aulas en las que no se puede encontrar ni un solo libro. Lamentablemente, la demanda de clases de alfabetización adulta sobrepasa en mucho la oferta. Los programas de educación precoz de alta calidad como *Head Start* pueden tener un éxito enorme en la preparación de los niños para la lectura. Pero *Head Start* sólo llega a un tercio o un cuarto de preescolares candidatos, muchos de sus programas han quedado menguados por las reducciones de fondos, y tanto éste como los programas de nutrición que he mencionado están sometidos a un nuevo ataque en el Congreso mientras escribo estas páginas.

En un libro de 1994 titulado *The Bell Curve*, de Richard J. Herrnstein y Charles Murray, se critica el *Head Start*. Sus argumentos han sido plasmados por Gerard Coles de la Universidad de Rochester:

Primero financian inadecuadamente un programa para niños pobres, luego niegan todo el éxito conseguido a pesar de obstáculos abrumadores y finalmente concluyen que el programa debe ser eliminado porque los niños son inferiores intelectualmente.

El libro, que sorprendentemente recibió una atención respetuosa de los medios de comunicación, concluye que hay un abismo hereditario irreductible entre blancos y negros: de diez a quince puntos en los tests de inteligencia. En un informe, el psicólogo León J. Kamin llega a la conclusión de que «los autores fracasan repetidamente en la distinción entre correlación y causación»: una de las falacias de nuestro equipo de detección de camelos.

El Centro Nacional de Alfabetismo Familiar, con sede en Louisville, Kentucky, ha estado aplicando programas dedicados a familias con bajos ingresos para enseñar a leer tanto a los niños como a sus padres. Funciona de este modo: el niño, de tres o cuatro años, asiste a la escuela tres días a la semana junto con un padre o, posiblemente, un abuelo o guardián. Mientras los adultos pasan la mañana aprendiendo las herramientas académicas básicas, el niño está en una clase preescolar. Padres e hijos se encuentran para comer y luego «aprenden a aprender juntos» durante el resto de la tarde.

Un estudio de seguimiento de catorce programas de este tipo en tres estados reveló: 1) Aunque se había apuntado que todos los niños corrían el riesgo de un fracaso escolar como preescolares, sólo el diez por ciento seguían todavía en riesgo según los profesores de la escuela elemental del momento. 2) Más del noventa por ciento estaban considerados por sus profesores de la escuela elemental del momento como motivados para aprender. 3) *Ninguno* de los niños tuvo que repetir ningún curso en la escuela elemental.

El crecimiento de los padres no era menos espectacular. Cuando se les pidió que describieran el cambio que había supuesto en sus vidas el programa de alfabetismo familiar, las respuestas típicas eran un aumento de la confianza en sí mismos (casi todos los participantes) y más autocontrol, habían aprobado exámenes equivalentes a los de la escuela superior, habían sido admitidos en la universidad, tenían un trabajo nuevo y unas relaciones mucho mejores con sus hijos. La descripción de los niños es que eran más amables con sus padres, deseaban aprender y —en algunos casos por primera vez— tenían esperanza en el futuro. Esos programas también podían usarse en cursos posteriores para enseñar matemáticas, ciencia y mucho más.

---000---

Tiranos y autócratas han entendido siempre que el alfabetismo, el conocimiento, los libros y los periódicos son un peligro en potencia. Pueden inculcar ideas independientes e incluso de rebelión en las cabezas de sus súbditos. El gobernador real británico de la Colonia de Virginia escribió en 1671:

Agradezco a Dios que no haya escuelas libres ni imprenta; y espero que no [los] tengamos durante los [próximos] cien años; porque el conocimiento ha traído la desobediencia, la herejía y las sectas al mundo, y la imprenta los ha divulgado y ha difamado al mejor gobierno. ¡Que Dios nos proteja de ambos!

Pero los colonos americanos, conscientes de dónde radica la libertad, no querían saber nada de esto.

En sus primeros años. Estados Unidos contó con una de las tasas de alfabetización más altas del mundo, quizá la más alta. (Desde luego, en aquellos días, los esclavos y las mujeres no contaban.) Ya en 1635 había escuelas públicas en Massachusetts y, en 1647, educación obligatoria en todas las ciudades con más de cincuenta «casas». Durante el siguiente siglo y medio, la democracia educativa se extendió por todo el país. Venían políticos teóricos del extranjero para ser testigos de esta maravilla nacional: grandes cantidades de trabajadores que sabían leer y escribir. La devoción norteamericana a la educación para todos impulsó el descubrimiento y la invención, un vigoroso proceso democrático y un empuje que accionó la vitalidad económica de la nación.

Hoy en día, Estados Unidos no es líder del mundo en alfabetización. Muchas personas que se consideran alfabetizadas no son capaces de leer ni entender material muy sencillo, menos todavía un libro de texto de sexto curso, un manual de instrucciones, un horario de autobuses, una declaración de hipoteca o una papeleta de voto. Y, mientras los libros de texto de sexto curso de hoy en día presentan un desafío mucho menor que los de hace unas décadas, la exigencia de alfabetización en el trabajo se ha hecho mucho mayor que nunca.

Los mecanismos de la pobreza, la ignorancia, la desesperanza y la baja autoestima se mezclan para crear una especie de máquina de fracaso perpetuo que va reduciendo los sueños de generación en generación. Todos soportamos el coste de mantenerla funcionando. El analfabetismo es su eje esencial.

Aunque tengamos el corazón endurecido ante la vergüenza y la miseria que experimentan las víctimas, el coste del analfabetismo para todos es muy alto: el coste en gastos médicos y hospitalización, el coste en crimen y prisiones, el coste en educación especial, el coste en baja productividad y en mentes potencialmente brillantes que podrían ayudar a resolver los problemas que nos preocupan.

Frederick Douglas demostró que la alfabetización es el camino que lleva de la esclavitud a la libertad. Hay muchos tipos de esclavitud y muchos tipos de libertad. Pero leer sigue siendo el camino.

## ***Frederick Douglas después de la fuga***

Cuando tenía apenas veinte años, huyó hacia la libertad. Se instaló en New Bedford con su esposa, Anna Murray, y trabajó como jornalero común. Cuatro años después, le invitaron a hablar en una asamblea. En aquel tiempo, en el Norte, no era raro escuchar a los grandes oradores del día —es decir, blancos— denostando contra la esclavitud. Pero incluso muchos de los que se oponían a la esclavitud consideraban a los esclavos algo inferiores a los humanos. La noche del 16 de agosto de 1841, en la pequeña isla de Nantucket, los miembros de la Sociedad Antiesclavista de Massachussets, mayormente cuáquera, se inclinaron hacia adelante en sus asientos para escuchar algo nuevo: una voz que se oponía a la esclavitud de alguien que la conocía por amarga experiencia personal.

Su mero aspecto y porte destruía el mito entonces prevaleciente del «servilismo natural» de los afroamericanos. Al decir de todos, su elocuente análisis de los males de la esclavitud fue uno de los debuts más brillantes en la historia de la oratoria americana. William Lloyd Garrison, el principal abolicionista del día, estaba sentado en primera fila. Cuando Douglas terminó su discurso, Garrison se levantó, se volvió hacia la asombrada audiencia y los desafió con una pregunta a gritos:

—¿Acabamos de escuchar a una cosa, un bien mueble personal, o a un hombre?

—¡Un hombre! ¡Un hombre! —respondió la audiencia con una sola voz.

—¿Se puede mantener a un hombre así como esclavo en una tierra cristiana? —preguntó Garrison.

—¡No! ¡No! —gritó la audiencia, y aún más alto, Garrison inquirió:

—¿Se podría obligar a un hombre así a volver a la esclavitud desde la tierra libre del viejo Massachusetts? Y el público, ahora puesto en pie, exclamó:

—¡No! ¡No!

Nunca volvió a la esclavitud. En cambio, como autor, editor y productor de periódicos, como orador en Estados Unidos y en el extranjero, y como primer afroamericano que ocupó una alta posición de asesoría en el gobierno, dedicó el resto de su vida a luchar por los derechos humanos. Durante la guerra civil fue consultor del presidente Lincoln. Douglas abogó con éxito por armar a los esclavos para luchar con el Norte, por la venganza federal contra los prisioneros de guerra confederados acusados de la ejecución sumaria de los

soldados afroamericanos capturados, y por la libertad de los esclavos como principal objetivo de la guerra.

Muchas de sus opiniones eran mordaces, poco aptas para hacerle ganar amigos en altos cargos:

Afirmo sin el menor género de dudas que la religión del Sur es una mera cobertura para los crímenes más horribles... una justificación de la barbarie más espantosa, una santificación de los fraudes más odiosos y un oscuro refugio bajo el que los actos más oscuros, más asquerosos, más burdos e infernales de los negros encuentran la mayor protección. Si me volvieran a reducir a las cadenas de la esclavitud, después de aquella esclavitud, consideraría la mayor calamidad que podía acontecerme ser esclavo de un amo religioso... Yo... detesto el cristianismo que maltrata a las mujeres, les roba a los hijos en la cuna, corrupto, esclavista, parcial e hipócrita de esta tierra.

Comparado con la retórica racista de inspiración religiosa de aquella época y posterior, los comentarios de Douglas no parecen una hipérbole. «La esclavitud es de Dios», solían decir en tiempos anteriores a la guerra. Como un ejemplo odioso de los muchos de después de la guerra civil, el libro de Charles Carroll *The Negro a Beast* (St. Louis: American Book and Bible House) enseñaba a los lectores piadosos que «la Biblia y la Revelación Divina, además de la razón, enseñan que el negro no es humano». Más recientemente, algunos racistas rechazan todavía el sencillo testimonio escrito en el ADN de que no sólo todas las razas son humanas sino prácticamente indistinguibles y mencionan la Biblia como «baluarte inexpugnable» para no examinar siquiera la prueba.

Vale la pena apuntar, sin embargo, que gran parte del fermento abolicionista surgió de comunidades cristianas, especialmente cuáqueras, del Norte; que las Iglesias cristianas negras del Sur representaron un papel clave en la lucha por los derechos civiles americanos de la década de los sesenta; y que muchos de sus líderes —el más notable, Martín Luther King, Jr.— eran ministros ordenados de estas Iglesias.

Douglas se dirigió a la comunidad blanca con estas palabras:

[La esclavitud] pone grilletes a nuestro progreso, es enemiga de la mejora, enemiga mortal de la educación; alienta el orgullo, alimenta la indolencia, promueve el vicio, da refugio al crimen, es una maldición de la tierra que la mantiene y, sin embargo, os aferráis a ella como si fuera la tabla de salvación de todas vuestras esperanzas.

En 1843, cuando se encontraba dando conferencias en Irlanda poco antes del hambre de la patata, le conmovió la absoluta pobreza de aquel lugar y escribió a Garrison: «Veo aquí muchas cosas que me recuerdan mi antigua condición, y confieso que me avergonzaría elevar mi voz contra la esclavitud americana, pero sé que la causa de la humanidad es la misma en el mundo entero.» Se opuso francamente a la política de exterminio de los nativos americanos. Y, en 1848, en la Convención de Séneca Falls, cuando Elizabeth Cady Stanton<sup>38</sup> tuvo la osadía de pedir un esfuerzo para asegurar el voto de las mujeres, Douglas fue el único hombre de cualquier grupo étnico que se levantó para apoyar la propuesta.

La noche del 20 de febrero de 1895 —más de treinta años después de la Emancipación—, tras una aparición en un mitin por los derechos de la mujer junto a Susan B. Anthony, sufrió un colapso y murió.

---

<sup>38</sup> Años más tarde escribió sobre la Biblia con palabras que recordaban las de Douglas. “No conozco otro libro que preconice tan planamente el sometimiento y la degradación de las mujeres”

CAPÍTULO 22

ADICTOS

DEL

SIGNIFICADO

---

También sabemos qué cruel es a menudo  
la verdad, y nos preguntamos si el engaño  
no es más consolador.

HENRI POINCARÉ (1854-1912)



Espero que nadie me considere excesivamente cínico si afirmo que un buen resumen de cómo funciona la programación de la televisión comercial y pública es simplemente éste: el dinero lo es todo. En horas punta, la diferencia de un solo punto en la audiencia vale millones de dólares en publicidad. Especialmente desde principios de la década de los ochenta, la televisión se ha convertido en algo motivado casi enteramente por el beneficio. Eso puede verse, por ejemplo, en el declive de los informativos y programas especiales de noticias o en las patéticas evasivas de los canales principales para burlar la orden de la Comisión Federal de Comunicaciones de mejorar el nivel de la programación infantil. (Por ejemplo, se defendieron las virtudes educativas de una serie de dibujos animados que sistemáticamente representa mal la tecnología y el estilo de vida de nuestros antepasados del pleistoceno y retrata a los dinosaurios como animales domésticos.) En el momento de escribir estas páginas, la televisión pública en Estados Unidos corre el peligro real de perder el apoyo del gobierno y el contenido de la programación privada va camino de una caída abrupta a largo plazo.

Con estas perspectivas, luchar por conseguir más ciencia real en televisión parece ingenuo y desesperado. Pero los propietarios de cadenas y productores de televisión tienen hijos y nietos cuyo futuro, como es lógico, los preocupa. Deben sentir alguna responsabilidad por el futuro de su nación. Hay pruebas de que la programación científica puede tener éxito, y de que la gente pide más. Mantengo esperanzas de que antes o después veremos presentada regularmente la ciencia real con habilidad y atractivo en las principales cadenas de televisión de todo el mundo.

---000---

El béisbol y el fútbol tienen antecedentes aztecas. El fútbol es una nueva representación ligeramente disfrazada de la caza; lo jugábamos antes de ser humanos. El *lacrosse* es un antiguo juego de los nativos americanos y

el hockey está relacionado con él. Pero el baloncesto es nuevo. Llevamos más tiempo haciendo películas que jugando al baloncesto.

Al principio no se les ocurrió hacer un agujero en la canasta para poder recuperar la pelota sin tener que subir una escalera. Pero, en el breve tiempo transcurrido desde entonces, el juego ha evolucionado. En manos de jugadores principalmente afroamericanos, el baloncesto se ha convertido —bien jugado— en la síntesis suprema en el deporte de la inteligencia, precisión, valentía, audacia, anticipación, artificio, juego de equipo, elegancia y gracia.

Muggsy Bogues, con su metro sesenta de altura, se abre paso entre un bosque de gigantes; Michael Jordán vuela hasta el aro desde algún lugar oscuro más allá de la línea de tiros libres; Larry Bird da una precisa asistencia mirando a otro lado; Kareem Abdul Jabbar suelta un gancho por los cielos. No se trata de un juego en el que el contacto sea fundamental como en el fútbol. Es un juego de finura. La presión en toda la pista, los pases largos, las asistencias, el robo de balones en la línea de pase, el palmeo de una mano que aparece volando de la nada constituyen una coordinación de intelecto y atletismo, una armonía de mente y cuerpo. No es sorprendente que el juego se haya hecho popular.

Desde que empezaron a aparecer regularmente en televisión los partidos de la NBA, me di cuenta de que podrían utilizarse para enseñar ciencias y matemáticas. Para apreciar un promedio de tiros libres del 0,926 se debe saber algo sobre la conversión de fracciones en decimales. Una bandeja es la primera ley de movimiento en acción de Newton. Cada tiro representa el lanzamiento de un balón en un arco parabólico, una curva determinada por la misma física gravitacional que especifica el vuelo de un misil de balística, la órbita de la Tierra alrededor del Sol o una nave espacial en su encuentro con algún mundo distante. Cuando salta para hacer un mate, el centro de la masa del cuerpo del jugador está brevemente en órbita alrededor del centro de la Tierra.

Para meter el balón en la canasta se debe elevar exactamente a la velocidad precisa; un uno por ciento de error y la gravedad le hará quedar mal. Los tiros de tres puntos, sean conscientes o no, compensan la resistencia aerodinámica. Cada bote sucesivo de un balón suelto está más cerca del suelo debido a la segunda ley de la termodinámica. Que Daryl Dawkins o Shaquille O'Neal rompan un tablero ofrece la oportunidad de enseñar —entre otras cosas— la propagación de las ondas de choque. Un tiro con efecto contra el cuadro desde debajo del tablero entra en la canasta debido a la conservación del impulso angular. Es una infracción de las normas tocar la canasta en «el cilindro» por encima del aro; hablamos ahora de una idea matemática clave:

la generación de objetos  $n$ -dimensionales moviendo objetos  $(n-1)$  dimensionales.

En el aula, en los periódicos y la televisión, ¿por qué no usamos los deportes para enseñar ciencia?

Cuando era pequeño, mi padre solía traer todos los días un periódico a casa y leía con atención (a menudo con gran placer) la sección de puntuación del béisbol. Allí estaban, ininteligibles para mí, con oscuras abreviaciones (W, SS, K, WL, AB, RBI), pero a él le hablaban. Los periódicos los imprimían en todas partes. Pensé que a lo mejor no eran tan difíciles. Con el tiempo, también yo acabé enganchado al mundo de las estadísticas de béisbol. (Sé que me ayudaban a entender los decimales, y todavía me da cierto escalofrío cuando oigo, normalmente al principio de la temporada de béisbol, que alguien está «bateando un mil». Pero 1000 no es 1,000. El afortunado jugador está bateando uno.)

O echemos una ojeada a las páginas financieras. ¿Alguna introducción? ¿Notas explicatorias? ¿Definiciones de abreviaturas? Casi ninguna. O sabes nadar, o te hundes. ¡Todos aquellos metros de estadísticas! Sin embargo, la gente las lee voluntariamente. No superan su capacidad. Es un problema de motivación. ¿Por qué no podemos hacer lo mismo con las matemáticas, la ciencia y la tecnología?

---000---

En todos los deportes, los jugadores parecen actuar a rachas. En baloncesto se llama tener la mano caliente. Es casi imposible que les salga algo mal. Recuerdo un partido de play-off en que Michael Jordán, cuyo tiro a media distancia no suele ser extraordinario, se encontró haciendo sin esfuerzo tantas canastas consecutivas de tres puntos desde toda la pista que, sorprendido de sí mismo, se encogió de hombros. En cambio hay veces que uno está frío y no entra nada. Cuando un jugador está en plena forma parece aprovecharse de algún poder misterioso y, cuando está frío, es como si estuviera sometido a algún tipo de gafe o maleficio. Pero esto es pensamiento mágico, no científico.

Las rachas, lejos de ser curiosas, se esperan incluso de acontecimientos aleatorios. Lo que *sería* sorprendente es que no hubiera rachas. Si lanzo diez veces seguidas una moneda al aire, podría conseguir esta secuencia de cara y cruz: CCCXCXCCCC. Ocho caras de cada diez, ¡y cuatro seguidas! ¿Es posible que haya ejercido algún control psicoquinético sobre la moneda? ¿O estaba en una racha de caras? Parece demasiado regular para ser casualidad.

Pero entonces recuerdo que he lanzado la moneda antes y después de esta serie de caras, que se encuentra dentro de una secuencia mucho más larga y menos interesante: CCXCXCCCX CXCCCXCXXCXX. Si pudiera prestar atención a algunos resultados e ignorar otros, siempre sería capaz de «demostrar» que hay algo excepcional en mi racha. Ésta es una de las falacias de nuestro equipo de detección de camelos; la enumeración de circunstancias favorables. Recordamos los aciertos y olvidamos los errores. Si el tiro a media distancia de alguien tiene un promedio ordinario del cincuenta por ciento y le es imposible mejorar la estadística a fuerza de voluntad, lo más probable es que tenga tan buena mano para el baloncesto como yo para lanzar monedas. Por cada ocho caras que yo saque de diez, él meterá ocho de cada diez tiros. El baloncesto puede enseñar algo sobre probabilidad y estadística, además de un poco de pensamiento crítico.

Una investigación de mi colega Tom Gilovich, profesor de psicología en Cornell, demuestra persuasivamente que nuestra comprensión ordinaria de las rachas en el baloncesto es una mala percepción. Gilovich estudió si los tiros que hacían los jugadores de la NBA tendían a agruparse más de lo que se podría esperar por casualidad. Después de conseguir una o dos canastas, los jugadores no tenían más probabilidades de acertar que tras una canasta fallada. Eso era así con los grandes y los menos grandes, no sólo en lanzamientos a media distancia sino también para tiros libres... cuando no hay ninguna mano que cubra la cara del que lanza. (Desde luego, algunas atenuaciones de las rachas de tiro se pueden atribuir al aumento de atención del defensa del jugador que tiene la «mano caliente».) En béisbol existe un mito relacionado con lo anterior: alguien que batea por debajo de su promedio «debe» hacer un golpe.

Eso es tan cierto como que una serie de caras seguidas propicia una posibilidad superior al cincuenta por ciento de conseguir cruz la siguiente vez. Si hay rachas más allá de lo que uno puede esperar estadísticamente, son difíciles de encontrar.

Pero, en cierto modo, eso no es del todo satisfactorio. No parece verdad. Preguntamos a los jugadores, entrenadores o aficionados. Buscamos algún significado, incluso en números aleatorios. Somos adictos al significado. Cuando el célebre entrenador Red Auerbach tuvo conocimiento del estudio de Gilovich, su respuesta fue: «¿Quién es ese tío? Muy bien, ha hecho un estudio. No podría importarme menos.» Y es fácil comprender lo que sentía. Pero si las rachas del baloncesto no aparecen más a menudo que las secuencias de cara o cruz, no tienen nada de mágico. ¿Reduce eso a los jugadores a meras marionetas manipuladas por las leyes de la probabilidad? Ciertamente que no. Su promedio de porcentaje de tiros es un verdadero

reflejo de sus habilidades personales. Aquí sólo hablamos de la frecuencia y duración de las rachas.

Desde luego, es mucho más divertido pensar que los dioses han tocado al jugador que está en buena racha y castigado al que tiene la mano fría. ¿Y bien? ¿Qué daño hace una pequeña mistificación? Sin duda supera los aburridos análisis estadísticos. En baloncesto, en los deportes, no hace ningún daño. Pero, como manera habitual de pensar, nos plantea problemas en algunos de los otros juegos a los que nos gusta jugar.

---000---

«Científico, sí; loco, no», dice riendo el científico chiflado en *Gilligan's Island* mientras ajusta el mecanismo electrónico que le permite controlar la mente de otros para sus aviesos propósitos.

«Lo siento, doctor Nerdnik, la gente de la Tierra no querrá ser reducida a siete centímetros de altura aunque sirva para ahorrar espacio y energía...»

El superhéroe de dibujos animados le está explicando pacientemente un dilema ético al típico científico que sale retratado en los programas de televisión para niños los sábados por la mañana.

Muchos de esos llamados científicos —a juzgar por los programas que he visto (y con deducción verosímil de los que no he visto, como el *Mad Scientist's Toon Club*)— son tarados morales guiados por un afán de poder o dotados de una insensibilidad espectacular hacia los sentimientos de los demás. El mensaje que se transmite al público infantil es que la ciencia es peligrosa y los científicos algo peor que malvados: están enloquecidos.

Desde luego, las aplicaciones de la ciencia *pueden* ser peligrosas y, como he intentado subrayar, prácticamente todo avance tecnológico importante en la historia de la especie humana —hasta la invención de las herramientas de piedra y el control del fuego— ha sido éticamente ambiguo. Esos avances pueden ser usados por personas ignorantes o malas con propósitos peligrosos o por personas sabias y buenas para beneficio de la especie humana. Pero parece que sólo se presenta un aspecto de la ambigüedad en lo que ofrecemos a nuestros hijos.

¿Dónde están los placeres de la ciencia en todos esos programas? ¿Las delicias de descubrir cómo funciona el universo? ¿La emoción de conocer bien una cosa profunda? ¿Qué ocurre con las contribuciones cruciales que la ciencia y la tecnología han hecho al bienestar humano... o los millones de vidas salvadas o posibilitadas por la tecnología médica o agrícola? (Para ser justo, sin embargo, debería mencionar que el profesor de

*Gilligan 's Island* solía usar su conocimiento de la ciencia para resolver problemas prácticos de los marginados.)

Vivimos en una era compleja en la que muchos de los problemas a que nos enfrentamos, sean cuales sean sus orígenes, sólo pueden tener soluciones que implican una comprensión profunda de la ciencia y la tecnología: la sociedad moderna necesita desesperadamente las mejores mentes disponibles para buscar soluciones a estos problemas. No creo que la programación televisiva de los sábados por la mañana, ni la mayor parte del menú de vídeo disponible en Norteamérica, ayude a muchos jóvenes dotados a seguir una carrera de ciencia o ingeniería...

A lo largo de los años han ido apareciendo gran cantidad de series de televisión crédulas, acriticas y «especiales» sobre percepción extrasensorial, canalización, el triángulo de las Bermudas, ovnis, antiguos astronautas, *Big-Foot* y cosas similares. La importante serie «In Search of...» empieza con una renuncia a la responsabilidad de presentar una visión equilibrada del tema. Se ve en ella una sed de maravillas que no está templada ni siquiera por el escepticismo científico más rudimentario. Prácticamente cualquier cosa que uno diga ante la cámara es verdad. La idea de que pueda haber explicaciones alternativas que se decidirían según el peso de las pruebas no aparece nunca. Lo mismo ocurre con «Sightings» y «Unsolved Mysteries» —en los que, como sugiere el propio título, se aceptan muy mal las soluciones prosaicas— y un número incontable de otros clones.

«In Search of...» toma con frecuencia un tema intrínsecamente interesante y distorsiona sistemáticamente la prueba. Si hay una explicación científica racional y una que requiere la explicación para-normal o psíquica más extravagante, podemos estar seguros de cuál se destacará. Un ejemplo casi al azar: se presenta un autor que dice que más allá de Plutón hay un gran planeta. La prueba que aporta son sellos cilíndricos de la antigua Sumeria, cincelados mucho antes de la invención del telescopio. Dice que los astrónomos profesionales cada vez aceptan más sus puntos de vista. No se hace mención siquiera a que los astrónomos —que estudian los movimientos de Neptuno, Plutón— y las cuatro naves espaciales que hay más allá no han sido capaces de encontrar un solo rastro del supuesto planeta.

Los gráficos son indiscriminados. Cuando un narrador que no sale en pantalla habla de dinosaurios, vemos un mamut lanudo. El narrador describe un aerodeslizador; la pantalla muestra el despegue de un transbordador espacial. Oímos hablar de lagos y llanuras inundadas, pero se nos muestran montañas. No importa. Las imágenes son tan indiferentes a los hechos como la voz en off.

Una serie llamada «The X Files» («Expedientes X»), que presta un flaco servicio al examen escéptico de lo paranormal, se inclina claramente

hacia la realidad de las abducciones por extraterrestres, los poderes extraños y la complicidad gubernamental para encubrir prácticamente todo lo que pueda ser interesante. Lo paranormal casi nunca resulta ser un engaño o una aberración psicológica o una mala interpretación del mundo natural. Sería mucho más acorde con la realidad, además de un servicio público mucho mayor, una serie para adultos (como hace «Scooby Doo» para niños) donde se investigasen sistemáticamente las afirmaciones de fenómenos paranormales y se encontrara en cada caso una explicación en términos prosaicos. La tensión dramática residiría en el descubrimiento de cómo las malas interpretaciones y engaños podían generar fenómenos paranormales aparentemente genuinos. Quizá podría aparecer un investigador siempre decepcionado con la esperanza de que la vez *siguiente* un caso paranormal sin ambigüedades pudiera sobrevivir al escrutinio escéptico.

Hay otros defectos evidentes en la programación de la ficción científica de televisión. «Star Trek», por ejemplo, a pesar de su encanto y su acusada perspectiva internacional y entre distintas especies, ignora a menudo los hechos científicos más elementales. La idea de que Mr. Spock pueda ser un cruce entre un ser humano y una forma de vida de evolución independiente en el planeta Vulcano es genéticamente mucho menos probable que cruzar con éxito un hombre y una alcachofa. La idea, sin embargo, sirve de precedente en la cultura popular a los híbridos extraterrestres/humanos que más tarde se convirtieron en un componente central de la historia de la abducción por extraterrestres. Debe de haber docenas de especies extraterrestres en las distintas series televisivas y películas de «Star Trek». Casi todas son variantes menores de humanos. La causa debe de ser una necesidad económica —el coste se reduce a un actor y una máscara de látex— pero es un bofetón en la cara de la naturaleza estocástica del proceso evolutivo. Si hay extraterrestres, creo que casi todos tendrán un aspecto devastadoramente menos humano que los Klingon y Romulanos (y estarán en niveles totalmente distintos de tecnología). «Star Trek» no se enfrenta a la evolución.

En muchos programas y películas de televisión, incluso la ciencia casual —las frases que no son esenciales para un argumento ya desprovisto de ciencia— se hace con incompetencia. Cuesta muy poco contratar a un licenciado que lea el guión para conseguir una exactitud científica. Pero, por lo que yo sé, eso no se hace casi nunca. Como resultado, tenemos pifias como mencionar «parsec» como una unidad de velocidad y no de distancia en la película —ejemplar en muchos otros aspectos— *La guerra de las galaxias*. Si esas cosas se hicieran con el mínimo cuidado, incluso se podría mejorar el argumento; ciertamente, podrían ayudar a transmitir un poco de ciencia a una gran audiencia.

En la televisión hay gran cantidad de pseudociencia para los crédulos y una cantidad razonable de medicina y tecnología, pero prácticamente nada de ciencia, especialmente en los grandes canales comerciales, cuyos ejecutivos tienden a pensar que programar ciencia significa un descenso en la audiencia y la pérdida de beneficios, y no les importa nada más. Hay empleados de emisoras con el título de «corresponsal científico», y un programa de noticias ocasional que se dice dedicado a la ciencia. Pero casi nunca se habla de ciencia en ellos, sólo de medicina y tecnología. Dudo que en los canales haya un solo empleado cuyo trabajo sea leer el ejemplar semanal de *Nature o Science* para ver si se ha descubierto algo digno de mención. Cuando se anuncian en otoño los Premios Nobel de Ciencia, hay un «gancho» de noticia perfecto para la ciencia: una posibilidad de explicar por qué se dieron los premios. Pero, casi siempre, lo máximo que oímos es algo así como: «... ojalá se llegue pronto a descubrir un remedio para el cáncer. Hoy en Belgrado...»

¿Cuánta ciencia hay en los debates de radio o televisión, o en los temibles programas matinales de los domingos en que personas de mediana edad se sientan alrededor de una mesa para estar de acuerdo unos con otros? ¿Cuándo oyó usted por última vez un comentario inteligente sobre ciencia por parte de un presidente de Estados Unidos? ¿Por qué en todo el país no hay ni un solo espectáculo cuyo protagonista sea alguien dedicado a descubrir cómo funciona el universo? Cuando se celebra un juicio por asesinato y se le dedica tanta publicidad que todo el mundo menciona casualmente las pruebas del ADN, ¿dónde están los programas especiales en horas punta dedicados a los ácidos nucleicos y a la herencia? Ni siquiera puedo recordar haber visto una descripción precisa y comprensible en televisión de cómo funciona la *televisión*.

El medio más eficaz, con ventaja, para provocar interés en la ciencia es la televisión. Pero este medio enormemente poderoso no hace apenas nada para transmitir las satisfacciones y los métodos de la ciencia, mientras que su ingenio de «científico loco» sigue resoplando.

En encuestas de principios de la década de los noventa, dos tercios de todos los adultos de Estados Unidos no tenía ni idea de qué eran las «autopistas de la información»; el cuarenta y dos por ciento no sabía dónde estaba Japón; y el treinta y ocho por ciento ignoraba el término «holocausto». Pero en una proporción de más del noventa por ciento habían oído hablar de los casos criminales Menéndez, Bobbit y O. J. Simpson; el noventa y nueve por ciento sabía que el cantante Michael Jackson era sospechoso de haber abusado de un niño. Quizá Estados Unidos sea la nación mejor entretenida de la Tierra, pero el precio que pagamos es muy alto.



Encuestas en Canadá y Estados Unidos del mismo período muestran que los espectadores de televisión desearían que hubiera más ciencia en la programación. En Norteamérica hay un buen programa de ciencia en la serie «Nova» del Sistema de Emisión Pública y, a veces, en los canales de Descubrimiento o Aprendizaje, o la Compañía Emisora Canadiense. Los programas de «The Science Guy» de Bill Nye para niños pequeños en el Sistema de Emisión Pública son rápidos de ritmo, presentan gráficos, alcanzan a muchos reinos de la ciencia y, a veces, incluso iluminan el proceso de descubrimiento. Pero todavía no se refleja en los canales la profundidad del interés público en la ciencia con una presentación absorbente y precisa... por no hablar del inmenso bien que resultaría de una mejor comprensión pública de la ciencia.

---000---

¿Cómo podríamos poner más ciencia en la televisión? Aquí hay varias posibilidades:

» Las maravillas y métodos de la ciencia presentados de manera habitual en programas de noticias y debates.

- Una serie llamada «Misterios Resueltos», en la que se presentarían soluciones racionales de algunas especulaciones, incluyendo casos confusos en medicina forense y epidemiología.

- «Volvió a sonar la campana»; una serie en la que reviviríamos la caída de los medios de comunicación y cómo el público se traga anzuelo, línea y plomada de una mentira gubernamental bien coordinada. Los dos primeros episodios podrían ser el incidente del golfo de Tonkín y la irradiación sistemática de civiles norteamericanos y de personal militar indefenso e ignorante de ello con la supuesta finalidad de la «defensa nacional» después de 1945.

- Una serie en capítulos sobre malas interpretaciones y errores fundamentales de científicos famosos, líderes nacionales y figuras religiosas.

- Exposiciones regulares de pseudociencia perniciosa y participación de la audiencia en programas sobre «cómo...»: cómo doblar cucharas, leer mentes, salir a predecir el futuro, realizar cirugía psíquica, hacer lecturas en frío y tocar la fibra sensible de los televidentes. Cómo se nos engaña: aprenda haciéndolo.

- Un servicio de gráficos computerizados de última tecnología para preparar por adelantado imágenes científicas de una amplia gama de noticias.

- Una serie de debates televisados poco caros, cada uno quizá de una hora, en el que los productores dedicarían un presupuesto a gráficas informáticas para cada bando, el moderador exigiría rigurosos niveles de pruebas sobre una

amplia serie de temas expuestos. Se podrían tratar temas en los que la prueba científica fuera abrumadora, como el de la forma de la Tierra; aspectos controvertidos en los que la respuesta sea menos clara, como la supervivencia de la personalidad después de la muerte, el aborto, los derechos de los animales o la ingeniería genética; o cualquiera de las presuntas pseudociencias mencionadas en este libro.

Hay una necesidad apremiante de un mayor conocimiento público de la ciencia. La televisión no puede proporcionarlo todo sola. Pero, si queremos que haya mejoras a corto plazo en la comprensión de la ciencia, la televisión es el sitio ideal para empezar.

## CAPITULO 23

MAXWELL

Y LOS

«BICHOS RAROS»<sup>39</sup>

---

---

<sup>39</sup> *Nerds* en el original. En Estados Unidos se aplica esta palabra a un grupo bastante nutrido de personas, científicos y otros, con un comportamiento y significación social que no tiene equivalente en español. «Bichos raros» me ha parecido el calificativo más cercano al término. (*N. de la t.*)

¿Por qué tenemos que subvencionar la  
curiosidad intelectual?

RONALD REAGAN,  
discurso de campaña, 1980

Nada puede merecer más nuestro  
patrocinio que la promoción de la ciencia  
y la literatura. El conocimiento es en  
todos los países la base más segura de la  
felicidad pública.

GEORGE WASHINGTON, discurso en el  
Congreso, 8 de enero de 1790

Abundan los estereotipos. Se hacen estereotipos de grupos étnicos, de ciudadanos de otras naciones y religiones, de géneros y preferencias sexuales, de personas nacidas en distintos momentos del año (la astrología de los signos del Sol) y de las profesiones. La interpretación más generosa lo achaca a una suerte de pereza intelectual: en lugar de juzgar a la gente por sus méritos y defectos individuales, nos concentramos en un par de detalles de información sobre ellos y a continuación los colocamos en una serie de casillas previamente establecidas.

Con eso nos ahorramos el esfuerzo de pensar, al precio en muchos casos de cometer una profunda injusticia. También nos protege del contacto con la enorme variedad de personas, la multiplicidad de las maneras de ser humanas. Aun en el caso de que el estereotipo fuera válido como promedio, está destinado a fracasar en muchos casos individuales. La diversidad humana se traduce en curvas en forma de campana. Hay un valor medio de cada cualidad y un pequeño número de personas que se alejan de él por ambos extremos.

Algunos estereotipos se producen como resultado de no controlar las variables, de olvidar qué otros factores podrían estar en juego. Por ejemplo, antes no había prácticamente ninguna mujer en la ciencia. Muchos científicos varones eran terminantes: eso demostraba que a las mujeres les faltaba capacidad para hacer ciencia. Por temperamento no les iba, la encontraban demasiado difícil, requería un tipo de inteligencia que las mujeres no tienen, eran demasiado emocionales para ser objetivas, ¿ha habido algún gran físico teórico que fuera mujer?... y así sucesivamente. Desde entonces, las barreras se han ido desmoronando. Hoy las mujeres pueblan la mayoría de las disciplinas de la ciencia. En mi propio terreno de estudios astronómicos y planetarios, las mujeres han irrumpido en escena recientemente y hacen un descubrimiento tras otro, aportando así un soplo de aire fresco que se necesitaba con desesperación.

¿De qué datos carecían pues todos aquellos científicos famosos de las décadas de los cincuenta y sesenta y anteriores para pronunciarse de manera

tan autoritaria sobre las deficiencias intelectuales de las mujeres? Sencillamente, la sociedad impedía que las mujeres entrasen en la ciencia y luego se las criticaba por ello confundiendo causa y efecto.

¿Quiere ser astrónoma, jovencita? Lo siento. ¿Por qué no puede serlo? Porque no está a la altura.

¿Cómo sabemos que no está a la altura? Porque las mujeres nunca han sido astrónomas.

El caso, expuesto de manera tan burda, parece absurdo. Pero la gestación de un prejuicio puede ser sutil. Se rechaza al grupo despreciado con argumentos espurios, planteados a veces con tal seguridad y menosprecio que muchos de nosotros, e incluso a veces las propias víctimas, no atinamos a reconocerlos como artimañas.

Los observadores eventuales de reuniones de escépticos, y los que han echado una ojeada a la lista de miembros del CSICOP, habrán constatado una gran preponderancia de hombres. Otros afirman que hay un número desproporcionado de mujeres entre los que creen en la astrología (hay horóscopos en la mayoría de las revistas de «mujeres», pero no en las de «hombres»), los cristales, la percepción extrasensorial y similares. Los hay que sugieren que el escepticismo tiene algo peculiarmente masculino. Exige trabajo duro, enfrentamientos, es competitivo, difícil... mientras, dicen, las mujeres tienen más tendencia a aceptar, a construir un consenso, y no les interesa desafiar la sabiduría convencional. Pero, según mi experiencia, las mujeres científicas tienen el sentido escéptico tan agudo como sus colegas varones; simplemente, forma parte del hecho de ser científico. Esta crítica, si es que lo es, se presenta al mundo con la confusión habitual: si no se alienta el escepticismo en las mujeres y no se las prepara para ello, es bastante normal que muchas de ellas no sean escépticas. Si se abren las puertas y se les permite la entrada, son tan escépticas como cualquiera.

Una de las profesiones estereotipadas es la ciencia. Los científicos son raros, socialmente ineptos, trabajan en temas incomprensibles que ninguna persona normal sería capaz de encontrar interesantes... aunque estuviera dispuesta a invertir el tiempo necesario, cosa que, desde luego, no haría nadie en su sano juicio. «Dedícate a vivir», les diría uno de buena gana.

Pedí un retrato contemporáneo de los bichos raros de carne y hueso de la ciencia a una experta en niños de once años que conozco. Debo señalar que ella se limita a transmitir, sin aceptarlos necesariamente, los prejuicios convencionales.

Llevan el cinturón justo por debajo de las axilas. Se ponen protectores de plástico en los bolsillos de la camisa para exhibir una formidable colección de bolígrafos y lápices. Llevan una calculadora programable en una funda especial del cinturón. Todos llevan gafas gruesas con el puente de la

nariz roto y pegado con esparadrapo. Carecen de habilidades sociales e ignoran o son indiferentes a esta carencia. Cuando ríen, les sale un ronquido. Farfullan entre ellos en un lenguaje incomprensible. Se aferran a la oportunidad de trabajar más para conseguir una nota más alta en todas las asignaturas, excepto en gimnasia. Miran a la gente normal por encima del hombro, y éstos a su vez se ríen de ellos. La mayoría tienen nombres como Norman. (En la conquista normanda, una horda de locos de esos con cinturón alto, bolsillo con protección, provistos de calculadora y con las gafas rotas participó en la invasión de Inglaterra.) Hay más chicos así que chicas, pero los hay de los dos géneros. No ligan nada. Si eres uno de ellos no puedes ser enrollado. Y viceversa.

Desde luego, eso es un estereotipo. Hay científicos que van vestidos con elegancia, que son de lo más enrollado, con los que muchas personas querían salir, que no llevan una calculadora oculta en los actos sociales. Hay algunos que, si nos invitaran a su casa, nos sería imposible adivinar que son científicos.

Pero hay otros que se adaptan al estereotipo, más o menos. Son bastante ineptos socialmente. Puede haber, en proporción, muchos más inadaptados entre los científicos que entre los diseñadores de moda o los policías de tráfico. Quizá los científicos tiendan más a ello que los camareros, cirujanos o cocineros. -¿Por qué tiene que ser así? A lo mejor, las personas sin talento para congeniar con otras encuentran un refugio en ocupaciones impersonales, especialmente las matemáticas y las ciencias físicas. A lo mejor el estudio serio de temas difíciles requiere tanto tiempo y dedicación que impide aprender más que las mínimas sutilezas sociales. Quizá sea una combinación de ambos factores.

Igual que la imagen del científico loco con la que está estrechamente relacionado, el estereotipo del científico «bicho raro» es dominante en nuestra sociedad. ¿Qué tiene de malo hacer unos cuantos chistes de buena fe a expensas de los científicos? Si, por la razón que sea, a la gente no le gusta el estereotipo del científico, es menos probable que apoye la ciencia. ¿Por qué subvencionarlos para que realicen sus pequeños proyectos absurdos e incomprensibles? Bien, sabemos la respuesta a eso: se subvenciona la ciencia porque proporciona beneficios espectaculares a todos los niveles de la sociedad, como he argumentado en este libro. Así pues, los que encuentran desagradables a los «bichos raros» científicos, pero al mismo tiempo desean los productos de la ciencia, se enfrentan a una especie de dilema. Una solución tentadora es dirigir las actividades de los científicos. Que no se les dé dinero para que se vayan por las ramas; les diremos lo que necesitamos: tal invento o tal proceso. No subvencionemos la curiosidad de los científicos, sino algo que beneficie a la sociedad. Parece bastante sencillo.

El problema es que ordenar a alguien que vaya y haga un invento específico, aunque el coste no sea ningún problema, no garantiza que se consiga. Puede ser que se carezca de una base de conocimiento sin la que es imposible que alguien consiga la invención que se tiene en mente. Y la historia de la ciencia demuestra que muchas veces no se pueden encontrar los principios básicos por un camino dirigido. Pueden surgir de las meditaciones ociosas de un *joven* solitario perdido en el bosque. Los demás lo ignoran o rechazan, como también otros científicos, a veces hasta que aparece una nueva generación de ellos. Pedir con urgencia grandes inventos prácticos desalentando al mismo tiempo la investigación guiada por la curiosidad sería espectacularmente contraproducente.

---000---

Supongamos que, por la gracia de Dios, usted es Victoria, la reina del Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda, defensora de la fe en la era más próspera y triunfante del Imperio británico. Sus dominios se extienden por todo el planeta. El rojo británico jalona abundantemente los mapas del mundo. Usted preside el principal poder tecnológico del mundo. La máquina de vapor se perfecciona en Gran Bretaña, principalmente por parte de ingenieros escoceses, que proporcionan asesoría técnica en los ferrocarriles y barcos de vapor que unen el imperio.

Supongamos que en el año 1860 tiene una idea visionaria, tan atrevida que hasta el editor de Julio Verne la habría rechazado.

Quiere una máquina que lleve su voz y las imágenes de la gloria del imperio a todas las casas del reino. Más todavía: quiere que los sonidos e imágenes no lleguen por conductos o cables, sino por el aire... para que la gente que trabaje en el campo pueda recibir este don de inspiración instantánea creado para promover la lealtad y la ética del trabajo. La Palabra de Dios también se puede transmitir con el mismo invento. Sin duda, se encontrarán otras aplicaciones socialmente deseables.

Así, con el apoyo del primer ministro, convoca al gabinete, al Estado Mayor y a los principales científicos e ingenieros del reino. Les comunica que asignará un millón de libras al proyecto, mucho dinero en 1860. Si necesitan más, pueden pedirlo. No le importa cómo lo hagan; sólo que lo consigan. Ah, por cierto, se llamará Proyecto Westminster.

Probablemente surgirán algunos inventos útiles de una empresa así. Siempre ocurre cuando se gastan grandes cantidades de dinero en tecnología. Pero casi seguro que el Proyecto Westminster fracasará. ¿Por qué? Porque todavía no se ha creado la ciencia que lo fundamenta. En 1860 existía el telégrafo. Era imaginable, con un gasto enorme, instalar aparatos de telegrafía



en todas las casas para que todos pudieran enviar y recibir mensajes en código Morse. Pero eso no es lo que había pedido la reina. Ella pensaba en la radio y la televisión, pero eran inalcanzables.

En el mundo real, los conocimientos de física necesarios para inventar la radio y la televisión llegaron de una dirección que nadie podía haber predicho.

James Clerk Maxwell nació en Edimburgo, Escocia, en 1831. A los dos años descubrió que con un plato de aluminio podía hacer rebotar una imagen del sol en los muebles y que bailara por las paredes. Cuando sus padres entraron corriendo en la sala, él gritó: «¡Es el sol! ¡Lo he conseguido con el plato de aluminio!» De pequeño le fascinaban los microbios, los gusanos, las rocas, las flores, las lentes, las máquinas. «Era humillante — recordaba más tarde su tía Jane— la cantidad de preguntas que hacía aquel niño y que no podías contestar.»

Naturalmente, cuando llegó a la escuela, le llamaron «Dafty» (*daft*, en el inglés de Gran Bretaña, significa algo así como un poco chalado). Era un joven extremadamente guapo, pero iba vestido sin esmero, más cómodo que con estilo, y su provincianismo escocés en el habla y la conducta era causa constante de burla, especialmente cuando llegó a la universidad. Y tenía unos intereses peculiares.

Maxwell era un bicho raro.

Con sus profesores le fue un poco mejor que con sus compañeros. He aquí un mordaz pareado que escribió en aquella época:

Los años se suceden y avanzan hacia el tiempo esperado  
En que el crimen de los mortificantes será juzgado.

Muchos años después, en 1872, en su conferencia inaugural como profesor de física experimental de la Universidad de Cambridge, aludió al estereotipo de científico «bicho raro»:

No hace tanto tiempo que se consideraba necesariamente al hombre que se dedicaba a la geometría, o a cualquier ciencia que requiriese una dedicación continua, como un misántropo que ha tenido que abandonar todos los intereses humanos para entregarse a abstracciones tan alejadas del mundo de la vida y la acción que se ha vuelto insensible a las atracciones del placer y a las exigencias de la obligación.

Sospecho que «no hace tanto tiempo» era la manera de Maxwell de recordar las experiencias de su juventud. A continuación decía:

En el día de hoy no se contempla a los científicos con el mismo temor respetuoso o la misma sospecha. Se considera que están de acuerdo con el

espíritu material de la época y que forman una especie de partido radical avanzado entre los hombres cultos.

Ya no vivimos en una época de optimismo sin límites sobre los beneficios de la ciencia y la tecnología. Entendemos que tiene su parte mala. Hoy las circunstancias son mucho más cercanas a lo que Maxwell recordaba de su infancia.

Maxwell hizo enormes contribuciones a la astronomía y la física, desde la demostración concluyente de que los anillos de Saturno están compuestos de pequeñas partículas hasta las propiedades elásticas de los sólidos y disciplinas que ahora se llaman teoría cinética de los gases y mecánica estadística. Fue el primero en demostrar que una cantidad enorme de pequeñas moléculas que, moviéndose por su cuenta, colisionan incesantemente unas con otras y rebotan elásticamente, no lleva a la confusión sino a unas leyes estadísticas precisas. Se puede predecir y entender las propiedades de un gas así. (La curva en forma de campana que describe las velocidades de las moléculas en un gas se llama ahora distribución Maxwell-Boltzmann.) Inventó un ser mágico, llamado ahora el «genio de Maxwell», cuyas acciones generan una paradoja que para ser resuelta necesitó la teoría de la información moderna y la mecánica cuántica.

La naturaleza de la luz había sido un misterio desde la antigüedad. Se entablaron cáusticos debates cultos sobre si era una partícula o una onda. Las definiciones populares eran del estilo: «La luz es oscuridad... encendida.» La mayor contribución de Maxwell fue su descubrimiento de que la electricidad y el magnetismo, precisamente, se unen para convertirse en luz. La comprensión ahora convencional del espectro electromagnético —que consiste en longitudes de onda de rayos gama a rayos X, a luz ultravioleta, luz visible, luz infrarroja, ondas de radio— se debe a Maxwell. Como la radio, la televisión y el radar.

Pero Maxwell no buscaba nada de eso. Lo que le interesaba era cómo la electricidad crea magnetismo y viceversa. Quiero describir lo que hizo Maxwell, pero su consecución histórica es matemática de alto nivel. En unas páginas, sólo puedo ofrecer en el mejor de los casos una especie de pincelada. Ruego al lector que no entienda del todo lo que le voy a decir que me perdone. Es imposible captar el sentido de lo que hizo Maxwell sin saber un poco de matemáticas.

Mesmer, el inventor del «mesmerismo», creía haber descubierto que un fluido magnético, «casi igual que el fluido eléctrico», permeaba todas las cosas. También en esto estaba equivocado. Ahora sabemos que no hay un fluido magnético especial y que todo magnetismo —incluyendo el poder que reside en un imán de barra o herradura— se debe a la electricidad en movimiento. El físico danés Hans Christian Oersted había hecho un pequeño

experimento en el que hacía fluir la electricidad por un cable para inducir a la aguja de una brújula a oscilar y temblar. El cable y la brújula no estaban en contacto físico. El gran físico inglés Michael Faraday había realizado el experimento complementario: haciendo aparecer una fuerza magnética generó una corriente eléctrica en un cable cercano. La electricidad, al variar en el tiempo, se había extendido de algún modo y había generado magnetismo, y el magnetismo al variar en el tiempo se había extendido de algún modo generando electricidad. Eso se llamó «inducción» y era profundamente misterioso, cercano a la magia.

Faraday proponía que el imán tenía un «campo» de fuerza invisible que se extendía hacia el espacio circundante, más fuerte cuanto más cerca del imán y más débil cuanto más lejos. Se podía rastrear la forma del campo colocando pequeñas limaduras de hierro en un trozo de papel y poniendo un imán debajo. También el pelo, después de un buen cepillado un día de baja humedad, genera un campo eléctrico invisible que se extiende hacia el exterior e incluso puede hacer mover pequeños pedazos de papel.

La electricidad en un cable, ahora lo sabemos, está causada por partículas eléctricas submicroscópicas, llamadas electrones que responden a un campo eléctrico en movimiento. Los cables están hechos de materiales como el cobre que tienen muchos electrones libres (electrones no ligados en átomos, sino con capacidad de movimiento). Sin embargo, a diferencia del cobre, la mayoría de los materiales, por ejemplo la madera, no son buenos conductores; son aislantes o «dieléctricos». En ellos, en comparación, hay pocos electrones disponibles para moverse en respuesta al campo eléctrico o magnético aplicado. No se produce ninguna corriente. Desde luego hay algún movimiento o «desplazamiento» de electrones y, cuanto mayor sea el campo magnético, mayor es el desplazamiento.

Maxwell ideó una manera de escribir lo que se sabía sobre la electricidad y el magnetismo en su época, un método para resumir con precisión todos esos experimentos con cables, corrientes e imanes. Aquí tenemos las cuatro ecuaciones de Maxwell para describir la conducta de la electricidad y el magnetismo en un medio material:

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \mathbf{E} &= \rho/\epsilon_0 \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} &= -\dot{\mathbf{B}} \\ \nabla \times \mathbf{B} &= \mu_0 \mathbf{j} + \mu_0 \epsilon_0 \dot{\mathbf{E}}\end{aligned}$$

Se necesitan unos cuantos años de física de nivel universitario para entender realmente estas ecuaciones. Están escritas a partir de una rama de

las matemáticas llamada cálculo vectorial. Un vector, en la fórmula en letra negra, es cualquier cantidad con una magnitud y una dirección. Sesenta kilómetros por hora no es un vector, pero sesenta kilómetros por hora hacia el norte por la Autopista 1 sí lo es. E y B representan los campos eléctrico y magnético. El triángulo, llamado nabla (por su parecido con cierta lira antigua de Oriente Medio), expresa cómo varían los campos eléctrico y magnético en el espacio tridimensional. El «producto punto» y el «producto cruz» después de los nablas denotan dos tipos diferentes de variación espacial.

É y B representan la variación temporal, el ritmo de cambio de los campos eléctrico y magnético, j representa una corriente eléctrica. La minúscula griega  $\rho$  (rho) representa la densidad de las cargas eléctricas, mientras que  $\epsilon_0$  (pronunciado «épsilon cero») y  $\mu_0$  (pronunciado «mu cero») no son variables, sino propiedades de la sustancia en que se mide E y B, y determinadas por experimento. En el vacío,  $\epsilon_0$  y  $\mu_0$  son constantes de la naturaleza.

Considerando las muchas cantidades diferentes que se reúnen en estas ecuaciones, es sorprendente lo sencillas que son. Podían haber ocupado páginas, pero no es así.

La primera de las cuatro ecuaciones de Maxwell expresa cómo un campo eléctrico, debido a cargas eléctricas (por ejemplo, electrones), varía con la distancia (se debilita cuanto más se aleja). Pero, cuanto mayor es la densidad de carga (cuantos más electrones haya, por ejemplo, en un espacio determinado), más fuerte es el campo.

La segunda ecuación nos dice que no se puede hacer una afirmación comparable en magnetismo, porque las «cargas» magnéticas (o «monopolos» magnéticos) de Mesmer no existen: si se sierra un imán por la mitad, no habrá un polo «norte» aislado y un polo «sur» aislado; cada pieza tiene ahora sus polos «norte» y «sur».

La tercera ecuación nos dice cómo un campo magnético cambiante induce un campo eléctrico.

La cuarta describe lo contrario: cómo un campo eléctrico cambiante (o una corriente eléctrica) induce un campo magnético.

Las cuatro ecuaciones son esencialmente una destilación de generaciones de experimentos de laboratorio, principalmente de científicos franceses y británicos. Lo que he descrito aquí vaga y cualitativamente, las ecuaciones lo describen exacta y cuantitativamente.

Maxwell se hizo entonces una extraña pregunta: ¿cómo serían estas ecuaciones en el vacío, en un lugar donde no hubiera cargas eléctricas ni corrientes eléctricas? Podríamos esperar tal vez que en el vacío no hubiera

campos eléctricos ni magnéticos. En cambio, él sugirió que la forma correcta de las ecuaciones de Maxwell para el comportamiento de la electricidad y el magnetismo el vacío es ésta

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \mathbf{E} &= 0 \\ \nabla \cdot \mathbf{B} &= 0 \\ \nabla \times \mathbf{E} &= -\dot{\mathbf{B}} \\ \nabla \times \mathbf{B} &= \mu_0 \epsilon_0 \dot{\mathbf{E}}\end{aligned}$$

Fijó  $\rho$  igual a cero, indicando que no hay cargas eléctricas. También fijó  $\mathbf{j}$  igual a cero, indicando que no hay corrientes eléctricas. Pero no descartó el último término en la cuarta ecuación,  $\mu_0 \epsilon_0 \dot{\mathbf{E}}$ , la débil corriente de desplazamiento en aislantes.

¿Por qué no? Como se puede ver en las ecuaciones, la intuición de Maxwell mantuvo la simetría entre los campos magnético y eléctrico. Incluso en un vacío, con ausencia total de electricidad y hasta de materia, propuso que un campo magnético cambiante provoca un campo eléctrico y viceversa. Las ecuaciones iban a representar a la naturaleza, y Maxwell creía que la naturaleza era bella y elegante. (También había otra razón, más técnica, para conservar la corriente de desplazamiento en un vacío, que aquí pasamos por alto.) Esta valoración estética por parte de un físico «bicho raro», totalmente desconocido excepto para otros científicos académicos, ha contribuido más a formar nuestra civilización que diez presidentes y primeros ministros juntos.

Brevemente, las cuatro ecuaciones de Maxwell para el vacío dicen: 1) no hay cargas eléctricas en el vacío; 2) no hay monopolos magnéticos en el vacío; 3) un campo magnético cambiante genera un campo eléctrico, y 4) viceversa.

En cuanto hubo escrito así las ecuaciones, Maxwell pudo demostrar fácilmente que E y B se propagaban por el espacio vacío como si fueran *ondas*. Lo que es más, podía calcular la velocidad de la onda. Era sólo 1 dividido por la raíz cuadrada de  $\epsilon_0$  y  $\mu_0$ . Pero  $\epsilon_0$  y  $\mu_0$  habían sido medidos en el laboratorio. Cuando se colocaban los números, se encontraba que los campos eléctricos y magnéticos en el vacío debían propagarse, asombrosamente, a la misma velocidad que se había medido antes para la luz. El acuerdo era demasiado exacto para ser accidental. De pronto, de manera desconcertante, la electricidad y el magnetismo estaban profundamente implicados en la naturaleza de la luz.

Dado que la luz ahora parecía comportarse como ondas y derivar de campos eléctricos y magnéticos, Maxwell la llamó electromagnética. Esos oscuros experimentos con baterías y cables tenían algo que ver con el brillo

del sol, con la forma en que vemos, con la naturaleza de la luz. Albert Einstein, meditando años después sobre el descubrimiento de Maxwell, escribió: «A pocos hombres en el mundo les ha sido concedida una experiencia así.»

El propio Maxwell se quedó perplejo ante los resultados. El vacío parecía actuar como un dieléctrico. Dijo que puede ser «polarizado eléctricamente». Maxwell, que vivía en una sociedad mecanicista, se sintió obligado a ofrecer algún tipo de modelo mecánico para la propagación de una onda electromagnética a través de un vacío perfecto. Así, se imaginó el espacio lleno de una sustancia misteriosa que llamó éter, que sostenía y contenía los campos eléctricos y magnéticos variables en el tiempo... algo así como una gelatina palpitante pero invisible que impregnara el universo. Las vibraciones del éter eran la razón por la que la luz viajaba a través de él, igual que las ondas de agua se propagan por el agua y las ondas de sonido por el aire.

Pero este éter tenía que ser un material muy raro, muy sutil, fantasmagórico, casi incorpóreo. El Sol y la Luna, los planetas y las estrellas tenían que pasar a través de él sin disminuir su velocidad, sin notarlo. Y, sin embargo, tenía que tener la suficiente rigidez para sostener todas estas ondas propagándose a una velocidad prodigiosa.

Se sigue usando la palabra «éter» sin relación con esto, principalmente en el adjetivo etéreo, residente en el éter. Tiene algunas connotaciones parecidas al más moderno «espacioso» o «flotante». Cuando, en los primeros tiempos de la radio, decían: «en el aire», lo que tenían en mente era el éter. (La frase rusa es casi literalmente «en el éter», *vefir*.) Pero, desde luego, la radio viaja fácilmente a través del vacío, uno de los principales descubrimientos de Maxwell. No necesita aire para propagarse. La presencia de aire, si acaso, es un impedimento.

Toda la idea de luz y materia moviéndose por el éter iba a llevar cuarenta años después a la teoría especial de la relatividad de Einstein,  $E=mc^2$ , y mucho más. La relatividad y los experimentos que llevaron a ella demostraron de manera concluyente que no hay un éter que sostenga la propagación de ondas electromagnéticas, como escribe Einstein en el extracto del famoso trabajo que he reproducido en el capítulo 2. La onda avanza por sí sola. El campo eléctrico cambiante genera un campo magnético; el campo magnético cambiante genera un campo eléctrico. Se sostienen ambos... con sus tirantes.

Muchos físicos quedaron profundamente turbados por la desaparición del éter «luminífero». Habían necesitado algún modelo mecánico para que toda la idea de la propagación de luz en el vacío fuera razonable, plausible, comprensible. Pero era una muleta, un síntoma de nuestras dificultades para

reconocer reinos en los que el sentido común no sirve. El físico Richard Feynman lo describió de este modo:

Hoy entendemos mejor que lo que cuenta son las ecuaciones en sí y no el modelo usado para conseguirlas. Sólo podemos cuestionar si las ecuaciones son verdaderas o falsas. Se contesta a eso haciendo experimentos, y un número incontable de experimentos han confirmado las ecuaciones de Maxwell. Si retiramos el andamio que utilizó para construirlo, nos encontramos con que el bello edificio de Maxwell se mantiene por sí solo.

¿Pero qué *son* esos campos eléctricos y magnéticos variables en el tiempo que impregnan todo el espacio? ¿Qué *significan*  $\vec{E}$  y  $\vec{B}$ ? Nos sentimos mucho más cómodos con la idea de cosas que se tocan y se mueven, se estiran o se empujan, que con «campos» que mueven mágicamente objetos a distancia o meras abstracciones matemáticas. Pero, como señaló Feynman, nuestra sensación de que al menos en la vida cotidiana podemos confiar en el contacto físico sólido y sensible —para explicar, por ejemplo, por qué el cuchillo de la mantequilla se acerca a uno cuando lo coge— es un concepto erróneo. ¿Qué quiere decir tener contacto físico? ¿Qué ocurre exactamente cuando uno toma un cuchillo, o empuja un columpio, o hace una onda en el agua golpeando periódicamente sobre ella? Cuando investigamos en profundidad, encontramos que no hay contacto físico. En cambio, las cargas eléctricas de la mano están influyendo en las cargas eléctricas del cuchillo, columpio o agua, y viceversa. A pesar de la experiencia y el sentido común cotidiano, incluso aquí, sólo existe la interacción de campos eléctricos. Nada toca nada.

Ningún físico se mostró impaciente con las nociones del sentido común y ansioso por reemplazarlas por alguna abstracción matemática que pudiera ser entendida sólo por extraños físicos teóricos. Empezaron, como hacemos todos, con ideas cómodas y estándar de sentido común. El problema es que la naturaleza no obedece. Si dejamos de insistir en nuestras ideas de *cómo debería* comportarse la naturaleza, y nos ponemos ante ella con una mente abierta y receptiva, encontramos que a menudo el sentido común no funciona. ¿Por qué no? Porque nuestras ideas, tanto hereditarias como aprendidas, de cómo funciona la naturaleza fueron forjadas en los millones de años que nuestros antepasados eran cazadores y recolectores. En este caso, el sentido común es una guía inexacta porque la vida de los cazadores-recolectores no dependía de entender los campos eléctricos y magnéticos de tiempo variable. No había castigos evolutivos por ignorar las ecuaciones de Maxwell. En nuestra época es diferente.

Las ecuaciones de Maxwell muestran que un campo eléctrico rápidamente variable (que haga más grande  $\vec{E}$ ) debería generar ondas

electromagnéticas. En 1888, el físico alemán Heinrich Hertz realizó el experimento y encontró que había generado una nueva especie de radiación, ondas de radio. Siete años después, científicos británicos en Cambridge transmitieron señales de radio a una distancia de un kilómetro. En 1901, Guglielmo Marconi, de Italia, utilizaba ondas de radio para comunicarse con el otro lado del océano Atlántico.

La conexión económica, cultural y política del mundo moderno mediante torres emisoras, enlaces de microondas y satélites de comunicación se remonta a la idea de Maxwell de incluir la corriente de desplazamiento en sus ecuaciones de vacío. Eso hace la televisión, que nos instruye y entretiene de manera imperfecta; el radar, que quizá pueda haber sido el elemento decisivo en la batalla de Gran Bretaña y en la derrota nazi en la segunda guerra mundial (me gusta pensar que fue gracias a «Dafty», el bicho raro que se adelantó al futuro y salvó a sus descendientes de sus atormentadores); el control y navegación de aviones, barcos y naves espaciales; la radioastronomía y la búsqueda de inteligencia extraterrestre y aspectos significativos de la energía eléctrica y las industrias de microelectrónica.

Lo que es más, la idea de campos de Faraday y Maxwell ha tenido gran influencia en la comprensión del núcleo atómico, la mecánica cuántica y la estructura fina de la materia. Su unificación de electricidad, magnetismo y luz en un todo matemático coherente es la fuente de inspiración de posteriores intentos —algunos con éxito, otros todavía en estado rudimentario— de unificar todos los aspectos del mundo físico, incluyendo la gravedad y las fuerzas nucleares, en una gran teoría. Puede decirse razonablemente que Maxwell abrió la puerta de la física moderna.

Richard Feynman describe nuestra visión actual del mundo silencioso de los vectores eléctricos y magnéticos variables con estas palabras:

Intentemos imaginar cómo son los campos eléctrico y magnético ahora en el espacio de esta sala de conferencias. En primer lugar hay un campo magnético constante; procede de las corrientes del interior de la tierra, es decir, el campo magnético constante de la tierra. Luego hay algunos campos eléctricos irregulares, casi estáticos, producidos quizá por cargas eléctricas generadas por fricción cuando varias personas se mueven en sus sillas y frotan las mangas de su chaqueta con los brazos de la silla. Luego hay otros campos magnéticos producidos por corrientes oscilatorias en el cableado eléctrico... campos que varían a una frecuencia de sesenta ciclos por segundo, en sincronización con el generador de Boulder Dam. Pero son más interesantes los campos eléctrico y magnético variables con frecuencias mucho más altas. Por ejemplo, cuando la luz viaja desde la ventana hasta el suelo y las paredes, hay pequeñas sacudidas de los campos eléctrico y magnético que se mueven a trescientos mil kilómetros por segundo. Luego están también las ondas infrarrojas que viajan de las fuentes calientes a la fría pizarra. Y hemos olvidado la luz ultravioleta, los rayos X y las ondas de radio que viajan a través de la habitación.



A través de la sala vuelan ondas electromagnéticas que transportan música de una banda de jazz. Hay ondas moduladas por una serie de impulsos que representan imágenes de acontecimientos que ocurren en otras partes del mundo o de aspirinas imaginarias que se disuelven en estómagos imaginarios. Para demostrar la realidad de esas ondas, sólo es necesario encender un equipo electrónico que convierta esas ondas en imágenes y sonidos.

Si nos adentramos en más detalle para analizar incluso el menor movimiento, hay pequeñas ondas electromagnéticas que han entrado a la sala desde distancias enormes. Ahora hay pequeñas oscilaciones del campo eléctrico, cuyas crestas están separadas por una distancia de medio metro, que han venido de millones de kilómetros de distancia, transmitidas a la Tierra desde la nave espacial *Mariner* [2] que acaba de pasar por Venus. Sus señales llevan resúmenes de información que ha recogido sobre los planetas (obtenida a partir de ondas electromagnéticas que viajan del planeta a la nave espacial).

Hay movimientos muy pequeños de los campos eléctrico y magnético que son ondas que se originaron a miles de millones de años luz... desde las galaxias en los rincones más remotos del universo. Que esto es cierto se ha descubierto «llenando la sala de cables»... construyendo antenas tan grandes como esta sala. Esas ondas de radio han sido detectadas llegando desde lugares del espacio que están fuera del alcance de los mayores telescopios ópticos. Incluso los telescopios ópticos son simples recolectores de ondas electromagnéticas. Lo que llamamos las estrellas son sólo deducciones, deducciones derivadas de la única realidad física que hemos recibido de ellas hasta ahora, a partir de un meticuloso estudio de las ondulaciones interminablemente complejas de los campos eléctrico y magnético que nos llegan a la Tierra.

Desde luego, hay más: los campos producidos por rayos a kilómetros de distancia, los campos de las partículas cargadas de rayos cósmicos cuando atraviesan la sala, y más, y más. ¡Qué complicado es eso del campo eléctrico en el espacio que nos rodea!

Si la reina Victoria hubiera convocado una reunión urgente de sus asesores y les hubiera ordenado que inventaran el equivalente de la radio y la televisión, es poco probable que alguno de ellos hubiera imaginado que el camino pasaba por los experimentos de Ampère, Biot, Oersted y Faraday, cuatro ecuaciones de cálculo vectorial y la idea de conservar la corriente de desplazamiento en el vacío. Creo que no hubieran llegado a ninguna parte. Mientras tanto, por su cuenta, guiado sólo por la curiosidad, sin prácticamente ningún coste para el gobierno, inconsciente de que estaba preparando el terreno para el Proyecto Westminster, «Dafty» iba llenando páginas. Es dudoso que se hubiera pensado en el modesto e insociable señor Maxwell para efectuar un estudio de este tipo. De ser así, probablemente el

gobierno le habría dicho en qué tenía que pensar y en qué no, impidiendo más que induciendo su gran descubrimiento.

Más tarde, Maxwell fue recibido por la reina Victoria. La audiencia le causó muchos trastornos con anterioridad —sobre todo la desconfianza en su capacidad de comunicar ciencia a alguien no experto— pero la reina se distrajo en seguida y la entrevista fue corta. Como los otros cuatro grandes científicos británicos de la historia reciente, Michael Faraday, Charles Darwin, P. A. M. Dirac y Francis Crick, Maxwell nunca recibió el título de caballero (aunque sí lo recibieron Lyell, Kelvin, J. J. Thomson, Rutherford, Eddington y Hoyle, en el escalafón siguiente). En el caso de Maxwell, ni siquiera existía la excusa de que pudiera tener opiniones poco acordes con la Iglesia de Inglaterra: era un cristiano absolutamente convencional para su época, más devoto que la mayoría. Quizá fuera su aire de bicho raro.

Los medios de comunicación —los instrumentos de educación y entretenimiento que hizo posibles James Clerk Maxwell— no han ofrecido nunca, que yo sepa, ni siquiera una miniserie sobre la vida y pensamiento de su benefactor y fundador. En contraste, pensemos en lo difícil que es crecer en Estados Unidos sin que la televisión le hable a uno, por ejemplo, de la vida y época de Davy Crockett, Billy the Kid o Al Capone.

Maxwell se casó joven, pero por lo visto su matrimonio careció tanto de pasión como de hijos. Reservaba toda su emoción para la ciencia. Este fundador de la edad moderna murió en 1879 a los cuarenta y siete años. Aunque la cultura popular casi le haya olvidado, los astrónomos de radar que hacen mapas de otros mundos le recuerdan: la mayor cadena montañosa de Venus, descubierta enviando ondas de radio desde la Tierra que rebotaban en Venus y detectaban sus ecos apagados, lleva su nombre.

---000---

Menos de un siglo después de la predicción de las ondas de radio de Maxwell, se inició la primera búsqueda de señales de posibles civilizaciones en los planetas de otras estrellas. Desde entonces ha habido una serie de búsquedas, a algunas de las cuales me he referido antes, de los campos eléctrico y magnético variables en el tiempo que cruzan las amplias distancias interestelares desde otras posibles inteligencias —muy diferentes biológicamente de nosotros— que también se habrían beneficiado en algún momento de su historia de las percepciones de equivalentes locales de James Clerk Maxwell.

En octubre de 1992 —en el desierto de Mojave, y en un valle cárstico de Puerto Rico— iniciamos la búsqueda más prometedora, poderosa y

extensa de inteligencia extraterrestre (SETI) que se pueda imaginar. Por primera vez, la NASA organizaba y ponía en práctica el programa. Se examinaría todo el cielo durante un período de diez años con un alcance de sensibilidad y frecuencia sin precedentes. Si, desde un planeta de cualquiera de los cuatrocientos mil millones de otras estrellas que forman la galaxia de la Vía Láctea, alguien nos hubiera mandado un mensaje por radio, habríamos tenido una posibilidad bastante razonable de oírlo.

Justo un año después, el Congreso cortó el suministro. El SETI no era de importancia apremiante; su interés era limitado; era demasiado caro. Pero toda civilización en la historia humana ha dedicado algunos recursos a investigar cuestiones profundas sobre el universo y es difícil pensar en otra más profunda que saber si estamos solos. Aunque no pudiéramos descifrar los contenidos del mensaje, la recepción de una señal así transformaría nuestra visión del universo y de nosotros mismos. Y, si pudiéramos entender el mensaje de una civilización técnicamente avanzada, los beneficios prácticos podrían ser sin precedentes. Lejos de tener una base estrecha, el programa SETI, vigorosamente apoyado por la comunidad científica, está también arraigado en la cultura popular. La fascinación de esta empresa es amplia y duradera, y por muy buena razón. Y, lejos de ser demasiado caro, el programa habría costado algo así como un helicóptero de combate al año.

Me pregunto por qué los miembros del Congreso a quienes preocupan tanto los costes no dedican mayor atención al Departamento de Defensa —que, con la Unión Soviética desintegrada y la guerra fría terminada, todavía gasta, con el total de costes registrados, bastante más de trescientos mil millones de dólares al año—. (Y en todas las demás instancias de gobierno hay muchos programas que se dedican al bienestar de los potentados.) Quizá nuestros descendientes, cuando miren atrás hacia nuestra época, se quedarán maravillados de que, estando en posesión de la tecnología para detectar a otros seres, cerrásemos los oídos e insistiésemos en gastar nuestra riqueza nacional para protegernos de un enemigo que ya no existe.<sup>40</sup>

David Goodstein, un físico de Cal Tech, apunta que el crecimiento de la ciencia durante siglos ha sido tan exponencial que no puede seguir creciendo así... porque todo el mundo en el planeta tendría que ser científico y *entonces* el crecimiento debería detenerse. Especula que es por esta razón, y no por un desafecto fundamental por la ciencia, que se ha reducido sensiblemente el crecimiento en la financiación de la ciencia en las últimas décadas.

Sin embargo me preocupa cómo se *distribuyen* los fondos de investigación. Me preocupa que cancelar los fondos del gobierno para SETI

---

<sup>40</sup> El programa SETI fue brevemente resucitado en 1995 con contribuciones privadas y el apropiado nombre de Proyecto Fénix.

forme parte de una tendencia. El gobierno ha presionado a la Fundación Nacional de la Ciencia para que se alejara de la investigación científica básica y apoyara la tecnología, la ingeniería y las aplicaciones. El Congreso está sugiriendo acabar con el Estudio Geológico de Estados Unidos y reducir su apoyo al estudio del frágil medio ambiente de la Tierra. El apoyo de la NASA para investigación y análisis de datos ya obtenidos se va limitando cada vez más. A muchos científicos jóvenes no sólo les es imposible conseguir becas para llevar a cabo su investigación sino que además no encuentran trabajo.

La financiación de la investigación y el desarrollo industrial por parte de las compañías americanas se ha reducido en años recientes. La financiación de investigación y desarrollo del gobierno se ha reducido en el mismo período. (Sólo aumentó la investigación y el desarrollo militar en la década de los ochenta.) En gastos anuales, Japón es ahora el principal inversor en investigación y desarrollo civil. En campos como informática, equipo de telecomunicaciones, sector aeroespacial, robótica y equipo científico de precisión la participación de Estados Unidos en las exportaciones globales ha descendido, mientras ha aumentado la de los japoneses. En este mismo período. Estados Unidos perdió la supremacía ante Japón en la mayoría de tecnologías de semiconductores y experimentó un grave declive en la participación de mercado de la televisión en color, videos, fonógrafos, aparatos de teléfono y máquinas herramientas.

En la investigación básica, los científicos son libres de colmar su curiosidad e interrogar a la naturaleza no con un fin práctico a corto plazo, sino en busca del conocimiento por sí mismo. Desde luego, los científicos tienen un interés personal en la investigación básica. Es lo que les gusta, en muchos casos la razón por la que se hacen científicos. Pero esta investigación es en interés de la sociedad. Así suelen hacerse los principales descubrimientos que benefician a la humanidad. Vale la pena preguntarse si unos cuantos proyectos científicos grandes y ambiciosos son mejor inversión que un número mayor de programas pequeños.

Raramente somos lo bastante listos para hacer a propósito los descubrimientos que dirigirán nuestra economía y salvaguardarán nuestras vidas. A menudo nos falta la investigación básica. En cambio, nos dedicamos a una amplia serie de investigaciones de la naturaleza y surgen aplicaciones en las que nunca soñamos. No siempre, desde luego. Pero con bastante frecuencia.

Dar dinero a alguien como Maxwell podría haber parecido la más absurda promoción de la ciencia «guiada por la mera curiosidad» y una imprudencia para los legisladores prácticos. ¿Por qué conceder dinero ahora para que científicos que hablan una jerga incomprensible se dediquen a sus

hobbies, cuando todavía no se han abordado necesidades nacionales apremiantes? Desde este punto de vista, es fácil entender la opinión de que la ciencia no es más que otro grupo de presión ansioso por preservar la entrada de dinero a fin de que los científicos no tengan que trabajar todo el día o estar en nómina.

Maxwell no pensaba en la radio, el radar y la televisión cuando garabateó por primera vez las ecuaciones fundamentales del electromagnetismo; Newton no soñaba con el vuelo espacial o los satélites de comunicación cuando entendió por primera vez el movimiento de la Luna; Roentgen no pensaba en el diagnóstico médico cuando investigó una radiación penetrante tan misteriosa que la llamó «rayos X»; Curie no pensaba en la terapia para el cáncer cuando extrajo laboriosamente cantidades mínimas de radio de toneladas de pechblenda; Fleming no planeaba salvar la vida de millones de personas con los antibióticos cuando observó un círculo libre de bacterias alrededor de un brote de moho; Watson y Crick no imaginaban la curación de enfermedades genéticas cuando se devanaban los sesos sobre la difracción de rayos X del ADN; Rowland y Molina no planeaban implicar los CFC en la reducción del ozono cuando empezaron a estudiar el papel de los halógenos en la fotoquímica estratosférica.

De vez en cuando, miembros del Congreso y otros líderes políticos no se han podido resistir a bromear sobre alguna proposición científica aparentemente oscura para la que se pide financiación al gobierno. Hasta un senador tan brillante como William Proxmire, licenciado en Harvard, tenía tendencia a conceder el premio del «vellocino de oro» a proyectos científicos ostensiblemente inútiles, incluyendo el SETI. Me imagino el mismo espíritu en gobiernos previos: un tal señor Fleming desea estudiar los gusanos en el queso oloroso; una mujer polaca desea tamizar toneladas de mineral del centro de África para encontrar cantidades mínimas de una sustancia que, según dice, resplandecerá en la oscuridad; un tal señor Kepler quiere escuchar las canciones que cantan los planetas.

Esos descubrimientos y muchos más, que caracterizan y honran a nuestra época y a algunos de los cuales debemos la vida, fueron hechos por científicos que tuvieron la oportunidad de explorar lo que en su opinión, bajo el escrutinio de sus colegas, eran cuestiones básicas de la naturaleza. Las aplicaciones industriales, en las que el Japón de las últimas dos décadas ha destacado, son excelentes. Pero ¿aplicaciones de qué? La investigación fundamental, la investigación del corazón de la naturaleza, es el medio a través del que adquirimos el nuevo conocimiento que se aplica.

Los científicos tienen la obligación, especialmente cuando piden dinero, de explicar lo que pretenden con la mayor claridad y honestidad. El Supercolisionador Superconductor (SSC) habría sido el instrumento

preeminente en el planeta para explorar la estructura fina de la materia y la naturaleza del universo. Su precio era de diez mil a quince mil millones de dólares. Fue cancelado por el Congreso en 1993 después de haber gastado unos dos mil millones... el peor resultado posible. Pero yo creo que la base principal de *este* debate no era el declive del interés en el apoyo a la ciencia. Pocos miembros del Congreso entendieron para qué servían los aceleradores modernos de alta energía. No sirven como armas. No tienen aplicaciones prácticas. Son para algo que, preocupantemente desde el punto de vista de muchos, se llama «la teoría de todas las cosas». Las explicaciones que implican entidades llamadas quarks, encanto, olor, color, etc., dan la impresión de que los físicos son muy simpáticos y tiernos. Todo en general tiene un aura, al menos desde el punto de vista de algunos miembros del Congreso con los que he hablado, de «bichos raros enloquecidos»... lo que me parece una manera muy poco caritativa de describir la ciencia basada en la curiosidad. Ninguno de los que pagaban tenía la más remota idea de qué es un bosón de Higgs. He leído parte del material que pretendía justificar el SSC. Al final de todo, había una parte que no era tan mala, pero no había nada que explicara de qué iba el proyecto a un nivel accesible para personas brillantes pero escépticas que no fueran físicos. Si los físicos piden diez mil o quince mil millones de dólares para construir una máquina que no tiene valor práctico, al menos deberían hacer un esfuerzo extremadamente serio, con gráficas asombrosas, metáforas y un buen uso del idioma, para justificar su propuesta. Creo que la clave del fracaso del SSC es algo más que la mala gestión financiera, la limitación de presupuesto y la incompetencia política.

Hay un punto de vista creciente de libre mercado del conocimiento humano según el que la investigación básica debería competir sin apoyo del gobierno con todas las demás instituciones y demandantes de la sociedad. De no haber podido confiar en el apoyo del gobierno, si hubieran tenido que competir en la economía de mercado libre de su época, es muy poco probable que alguno de los científicos de mi lista hubiera podido hacer su investigación básica fundamental. Y el coste de la investigación básica, tanto teórica como especialmente experimental, es sustancialmente mayor de lo que era en la época de Maxwell.

Pero, dejando esto a un lado, ¿sería adecuado que las fuerzas del mercado libre apoyaran la investigación básica? Actualmente sólo se financia un diez por ciento de las propuestas dignas de investigación en medicina. Se gasta más dinero en curanderos que en toda la investigación médica. ¿Qué pasaría si el gobierno optara por abandonar la investigación médica?

Un aspecto necesario de la investigación básica es que sus aplicaciones radiquen en el futuro: a veces décadas o incluso siglos después. Lo que es más, nadie sabe qué aspectos de la investigación básica tendrán valor práctico

y cuáles no. Si los científicos no pueden hacer esas predicciones, ¿van a hacerlas los políticos o los industriales? Si las fuerzas del mercado libre están centradas sólo en el beneficio a corto plazo —como lo están ciertamente en Estados Unidos con un declive abrupto en investigación corporativa—, ¿no equivale esta solución a abandonar la investigación básica?

Cortar de cuajo la ciencia fundamental que tiene como guía la curiosidad es como comerse la semilla del maíz. Quizá nos quede un poco para comer el próximo invierno, pero ¿qué plantaremos para alimentarnos nosotros y nuestros hijos los inviernos siguientes?

Desde luego hay muchos problemas acuciantes para nuestra nación y para nuestra especie. Pero reducir la investigación científica básica no es la manera de resolverlos. Los científicos no constituyen un bloque de votantes. No tienen un grupo de presión efectivo. Sin embargo, gran parte de su trabajo es en interés de todos. Alejarse de la investigación fundamental constituye una falta de fuerza, de imaginación y de esa visión de futuro que todavía no parecemos dominar. A uno de esos extraterrestres hipotéticos podría parecerle asombroso que estuviéramos planeando no tener un futuro.

Desde luego, necesitamos alfabetización, educación, trabajo, atención médica adecuada y defensa, protección del medio ambiente, seguridad en la vejez, un presupuesto equilibrado y un montón de cosas más. Pero somos una sociedad rica. ¿No podemos alimentar a los Maxwell de nuestra época? Para poner un ejemplo simbólico, ¿es verdad que no nos podemos permitir comprar maíz para sembrar, por el valor de un helicóptero de combate, para escuchar a las estrellas?

## CAPITULO 24

# CIENCIA

# Y

# BRUJERÍA<sup>41</sup>

---

<sup>41</sup> Escrito con Ann Druyan. Los dos capítulos siguientes incluyen más contenido político que cualquier otra parte del libro. No deseo sugerir que la defensa de la ciencia y el escepticismo conduzcan necesariamente a todas las conclusiones políticas y sociales que yo extraigo. Aunque el pensamiento escéptico es de valor incalculable en política, la política no es una ciencia.



*Ubi dubium ibi libertas:*  
Donde hay duda, hay libertad.

Proverbio latino

El título de la Feria Mundial de Nueva York de 1939 —que tanto me impresionó cuando la visité de niño procedente del oscuro Brooklyn— era «El mundo del mañana». El mero hecho de adoptar un tema como éste constituía una promesa de que *habría* un mundo del mañana, y una simple mirada fortuita afirmaba que sería mejor que el mundo de 1939. Aunque a mí el matiz me pasó totalmente inadvertido, mucha gente anhelaba una promesa tranquilizadora en vísperas de la guerra más brutal y calamitosa de la historia humana. Al menos supe que crecería en el futuro. El «mañana» limpio y lustroso que se retrataba en la Feria era atractivo y esperanzador. Y estaba claro que algo llamado ciencia era el medio para realizar este futuro.

Pero si las cosas hubieran evolucionado de manera un poco diferente, la Feria me habría podido dar muchísimo más ¿Se había producido una lucha feroz entre bastidores. La visión que prevaleció fue la del presidente de la Feria y portavoz principal, Grover Whalen, antiguo ejecutivo de empresa, jefe de la policía de la ciudad de Nueva York en una época de brutalidad policial sin precedentes e innovador de las relaciones públicas. Era él quien había pensado que los edificios de la exposición fueran principalmente comerciales, industriales, orientados a los productos de consumo, y quien había convencido a Stalin y Mussolini de que construyeran espléndidos pabellones nacionales. (Más tarde se quejó de haberse visto obligado a saludar con frecuencia al modo fascista.) El nivel de las exposiciones, como las describió un diseñador, correspondía a la mentalidad de un niño de doce años.

Sin embargo, según cuenta el historiador Peter Kuznick de la Universidad Americana, un grupo de científicos prominentes —entre los que se encontraban Harold Urey y Albert Einstein— defendía la presentación de la ciencia por sí sola, no como el camino hacia los objetos de consumo a la venta, con el fin de destacar el método de pensamiento y no sólo los

productos de la ciencia. Estaban convencidos que la comprensión popular de la ciencia era el antídoto de la superstición y el fanatismo; que, como dijo el divulgador científico Watson Davis, «el camino científico es el camino de la democracia». Un científico incluso llegó a sugerir que, si se ampliaba la apreciación del público por los métodos de la ciencia, se podría conseguir «una conquista final de la estupidez»... un objetivo meritorio pero probablemente irrealizable.

Tal como sucedieron los hechos, las exposiciones de la Feria apenas exhibían ciencia real, a pesar de las protestas de los científicos y sus llamamientos a altos principios. Y, sin embargo, parte de lo poco que había me llamó profundamente la atención y contribuyó a transformar mi infancia. Pero el enfoque central seguía siendo el de empresa y de consumo, y no había esencialmente nada sobre la ciencia como manera de pensar, menos todavía como baluarte de una sociedad libre.

---000---

Exactamente medio siglo después, en los años finales de la Unión Soviética, Ann Druyan y yo nos encontrábamos cenando en Peredeikino, un pueblo de las afueras de Moscú donde algunos miembros del Partido Comunista, generales retirados y unos cuantos intelectuales privilegiados tenían su casa de verano. El aire estaba electrizado con la perspectiva de nuevas libertades, especialmente el derecho a expresar una opinión aunque no fuera del agrado del gobierno. Florecía la legendaria revolución de nacientes expectativas.

Pero, a pesar de la *glasnost*, las dudas estaban muy extendidas. ¿Permitirían realmente los que detentaban el poder que se oyera la voz de sus críticos? ¿Se permitiría realmente la libertad de expresión, de reunión, de prensa, de religión? ¿Sería capaz un pueblo sin experiencia de libertad de soportar la carga que ésta representa?

Algunos ciudadanos soviéticos presentes en la cena habían luchado —durante décadas y contra fuerzas superiores— por las libertades que la mayoría de los americanos dan por supuestas; ciertamente se habían inspirado en el experimento americano, una demostración en el mundo real de que las naciones, incluso las multiculturales y multiétnicas, podían sobrevivir y prosperar con esas libertades razonablemente intactas. Llegaron al extremo de plantear la idea de que la prosperidad era *debida* a la libertad... que, en una era de alta tecnología y cambio rápido, ambas cosas prosperan o decaen a la vez, que la apertura de la ciencia y la democracia, su voluntad de ser juzgadas mediante el experimento, eran maneras de pensar estrechamente unidas.

Hubo muchos brindis, como siempre ocurre en las cenas en esa parte del mundo. El más memorable fue el de un famoso novelista soviético. Se puso en pie, levantó la copa, nos miró a los ojos y dijo: «Por los americanos. Ellos tienen un poco de libertad.» Hizo una pausa, y luego añadió: «Y saben cómo conservarla.» ¿Sabemos?

---000---

Todavía no se había secado la tinta de la Declaración de Derechos cuando los políticos encontraron una manera de subvertirla... sacando provecho del temor y la histeria patriótica. En 1798, el partido federalista gobernante sabía que la tecla que debía pulsar era el prejuicio étnico y cultural. Los federalistas, explotando las tensiones entre Francia y Estados Unidos y el temor extendido de que los inmigrantes franceses e irlandeses tuvieran una ineptitud intrínseca para ser americanos, aprobaron una serie de leyes que se llamaron de extranjería y sedición.

Se aprobó una ley que elevaba el requisito de residencia para conseguir la ciudadanía de cinco a catorce años. (Los ciudadanos de origen francés e irlandés solían votar por la oposición, el partido republicano democrático de Thomas Jefferson.) La ley de extranjería otorgaba el poder al presidente John Adams de deportar a todo extranjero que despertara sus sospechas. Poner nervioso al presidente, decía un miembro del Congreso, «es el nuevo delito». Jefferson creía que la ley de extranjería se había promulgado particularmente para expulsar al historiador y filósofo francés C. F. Volney,<sup>42</sup> a Pierre Samuel du Pont de Nemours, patriarca de la famosa familia de químicos, y al científico británico Joseph Priestley, descubridor del oxígeno y antecesor intelectual de James Clerk Maxwell. Desde el punto de vista de Jefferson, ésas eran exactamente las personas que necesitaba América.

La Ley de Sedición convirtió en ilegal la publicación de críticas «falsas o maliciosas» del gobierno o el fomento de la oposición a alguno de sus actos. Se efectuó media docena de arrestos, se condenó a diez personas y se censuró o redujo al silencio a muchas más por intimidación. La ley, según Jefferson, pretendía «acallar cualquier tipo de oposición política convirtiendo en delito la crítica de los funcionarios o policías federalistas».

---

<sup>42</sup> Un pasaje típico del libro *Ruinas* de 1791 de Volney: «Uno disputa, discute, lucha por algo que es incierto, por algo de lo que duda. ¡Oh, hombres! ¿No es esto una locura?... Debemos trazar una línea de distinción entre los que son capaces de verificación y los que no lo son, y separar con una barrera inviolable el mundo de los seres fantásticos del mundo de las realidades; es decir, debe eliminarse todo efecto civil de las opiniones teológicas y religiosas.»

Jefferson, en cuanto fue elegido, durante la primera semana de su presidencia en 1801, perdonó a todas las víctimas de la ley de sedición porque, dijo, su espíritu era tan contrario a la libertad americana como si el Congreso nos ordenara arrodillarnos para adorar a un becerro de oro. En 1802, en los libros no quedaba ni rastro de las leyes de extranjería y sedición.

A dos siglos de distancia, es difícil captar el encrespamiento de ánimo que convirtió a los franceses y los «salvajes irlandeses» en una amenaza tan grave como para hacernos pensar en renunciar a nuestras más preciadas libertades. Reconocer el mérito de los logros culturales franceses e irlandeses, defender la igualdad de derechos para ellos se despreciaba en los círculos conservadores como sentimentalismo, una corrección política poco realista. Pero así es como funciona siempre. Siempre nos parece una aberración más tarde. Pero entonces ya estamos en las garras del siguiente brote de histeria.

Los que persiguen el poder a cualquier precio detectan una debilidad social, un temor que pueden aprovechar para llegar al cargo. Puede tratarse de diferencias étnicas, como era entonces el caso, quizá de diferentes cantidades de melanina en la piel; de filosofías o religiones diferentes; o quizá sea el uso de drogas, los delitos violentos, la crisis económica, las oraciones en la escuela o la «profanación» de la bandera.

Sea cual sea el problema, la solución más rápida es reducir un poco de libertad de la Declaración de Derechos. Sí, en 1942, los nipoamericanos estaban protegidos por la Declaración de Derechos, pero los encerramos de todas maneras... Al fin y al cabo había una guerra. Sí, hay prohibiciones constitucionales contra la busca y captura irracional, pero se ha declarado la guerra contra las drogas y el delito violento aumenta sin control. Sí, tenemos libertad de expresión, pero no queremos que vengan autores extranjeros a escupirnos ideologías ajenas, ¿verdad que no? Los pretextos cambian de año en año, pero el resultado sigue siendo el mismo: concentrar más poder en menos manos y suprimir la diversidad de opinión... aunque la experiencia ha dejado claros los peligros de seguir este curso de acción.

---000---

Si no sabemos de qué somos capaces, no podemos apreciar las medidas que se toman para protegernos de nosotros mismos. He comentado la persecución de las brujas en Europa en el contexto de la abducción por extraterrestres; confío en que el lector me perdonará por volver a ella en su contexto político. Es una apertura al autoconocimiento humano. Si nos centramos en lo que las autoridades religiosas y seculares consideraban una prueba aceptable y un juicio justo en las cazas de brujas de los siglos XV a

XVII, se clarifican muchas de las características novedosas y peculiares de la Constitución de Estados Unidos del siglo XVIII y la Declaración de Derechos: entre ellas, el juicio perjurado, las prohibiciones de la autoincriminación y de los castigos crueles y exagerados, la libertad de expresión y de prensa, el proceso justo, el equilibrio de poderes y la separación de Iglesia y Estado.

Friedrich von Spee (pronunciado «Shpay») era un jesuita que tuvo la mala suerte de escuchar las confesiones de los acusados de brujería en la ciudad alemana de Wurzburg (véase capítulo 7). En 1631 publicó *Cautio Criminalis (Precauciones para los acusadores)*, donde exponía la esencia de aquel terrorismo Iglesia-Estado contra los inocentes. Antes de recibir su castigo, murió víctima de una epidemia de peste... atendiendo a los afligidos como cura de la parroquia. Aquí tenemos un extracto de su libro:

1. Por increíble que parezca, entre nosotros, alemanes, y especialmente (me avergüenza decirlo) entre católicos, hay supersticiones populares, envidia, calumnias, maledicencias, insinuaciones y similares que, al no ser castigadas ni refutadas, levantan la sospecha de brujería. Ya no Dios o la naturaleza, sino las brujas son las responsables de todo.

2. Así, todo el mundo clama para que los magistrados investiguen a las brujas... a quienes sólo el chisme popular ha hecho tan numerosas.

3. Los príncipes, en consecuencia, piden a sus jueces y consejeros que abran los procesos contra las brujas.

4. Los jueces apenas saben por dónde empezar, ya que no tienen evidencias [*indicia*] ni pruebas.

5. Mientras tanto, la gente considera sospechoso este retraso; y un informador u otro convence a los príncipes a tal efecto.

6. En Alemania, ofender a estos príncipes es un serio delito; hasta los sacerdotes aprueban lo que pueda complacerles sin preocuparse de quién ha instigado a los príncipes (por muy bien intencionados que sean).

7. Al final, por tanto, los jueces ceden a sus deseos y consiguen empezar los juicios.

8. Los jueces que se retrasan, temerosos de verse involucrados en asunto tan espinoso, reciben un investigador especial. En este campo de investigación, toda la inexperiencia o arrogancia que se aplique a la tarea se considera celo de la justicia. Este celo también se ve estimulado por la expectativa de beneficio, especialmente para un agente pobre y avaricioso con una familia numerosa, cuando recibe como estipendio tantos dólares por cabeza de bruja quemada, además de las tasas incidentales y gratificaciones que los agentes instigadores tienen licencia para arrancar a placer de aquellos a los que convocan.

9. Si los desvaríos de un demente o algún rumor malicioso y ocioso (porque no se necesita nunca una prueba del escándalo) señalan a una pobre mujer inofensiva, ella es la primera en sufrir.

10. Sin embargo, para evitar la apariencia de que se la acusa únicamente sobre la base de un rumor, sin otras pruebas, se obtiene una cierta presunción de culpabilidad al plantear el siguiente dilema: o bien ha llevado una vida mala e impropia, o bien ha llevado una vida buena y propia. Si es mala, debe de ser culpable. Por otro lado, si su vida ha sido buena, es igual de condenable; porque las brujas siempre simulan con el fin de aparecer especialmente virtuosas.

11. En consecuencia, se encarcela a la vieja. Se encuentra una nueva prueba mediante un segundo dilema: tiene miedo o no lo tiene. Si lo tiene (cuando escucha las horribles torturas que se utilizan contra las brujas), es una prueba segura; porque su conciencia la acusa. Si no muestra temor (confiando en su inocencia), también es una prueba; porque es característico de las brujas simular inocencia y llevar la frente alta.

12. En caso de que éstas fueran las únicas pruebas, el investigador hace que sus detectives, a menudo depravados e infames, hurguen en su vida anterior. Esto, desde luego, no puede hacerse sin que aparezca alguna frase o acto de la mujer que hombres tan bien dispuestos puedan torcer o distorsionar para convertirlo en prueba de brujería.

13. Todo aquel que le desee mal tiene ahora grandes oportunidades de hacer contra ella las acusaciones que desee; y todo el mundo dice que las pruebas contra ella son consistentes.

14. Y así se la conduce a tortura, a no ser, como sucede a menudo, que sea torturada el mismo día de su arresto.

15. En esos juicios no se permite a nadie tener abogado ni cualquier medio de defensa justa porque la brujería se considera un delito excepcional [de tal enormidad que se pueden suspender todas las normas legales de procedimiento], y quien se atreve a defender a la prisionera cae bajo sospecha de brujería personalmente... así como los que osan expresar una protesta en estos casos y apremian a los jueces a ejercitar la prudencia, porque a partir de entonces reciben el calificativo de defensores de la brujería. Así que todo el mundo guarda silencio por miedo.

16. A fin de que pueda parecer que la mujer tiene una oportunidad de defenderse a sí misma, la llevan ante el tribunal y se procede a leer y examinar —si se puede llamar así— los indicios de su culpabilidad.

17. Aun en el caso que niegue esas acusaciones y responda adecuadamente a cada una de ellas, no se le presta atención y ni siquiera se recogen sus respuestas; todas las acusaciones retienen su fuerza y validez, por muy perfectas que sean las respuestas. Se le ordena regresar a la prisión para pensar más detenidamente si persistirá en su obstinación... porque, como ha negado su culpabilidad, es obstinada.

18. Al día siguiente la vuelven a llevar fuera y escucha el decreto de tortura, como si nunca hubiera rechazado las acusaciones.

19. Antes de la tortura, sin embargo, la registran en busca de amuletos; le afeitan todo el cuerpo y le examinan sin moderación hasta esas partes íntimas que indican el sexo femenino.

20. ¿Qué tiene eso de asombroso? A los sacerdotes se los trata del mismo modo.

21. Cuando la mujer ha sido afeitada y examinada, la torturan para hacerle confesar la verdad, es decir, para que declare lo que ellos quieren, porque naturalmente no hay otra cosa que sea ni pueda ser la verdad.

22. Empiezan con el primer grado, es decir, la tortura menos grave. Aunque dura en exceso, es suave comparada con las que seguirán. Así, si confiesa, ¿dicen que la mujer ha confesado sin tortura!

23. Ahora bien, ¿qué príncipe puede dudar de su culpabilidad cuando le dicen que ha confesado voluntariamente sin tortura?

24. La condenan pues a muerte sin escrúpulos. Pero la habrían ejecutado aunque no hubiese confesado; porque, en cuanto la tortura ha empezado, la suerte ya está echada; no puede escapar, tiene que morir a la fuerza.

25. El resultado es el mismo tanto si confiesa como si no. Si confiesa, su culpa es clara: es ejecutada. Cualquier retractación es en vano. Si no confiesa, la tortura se repite: dos, tres, cuatro veces. En delitos excepcionales, la tortura no tiene límite de duración, severidad o frecuencia.

26. Si, durante la tortura, la vieja contorsiona sus facciones con dolor, dicen que se ríe; si pierde el sentido, que se ha dormido o está bajo un hechizo aletargador. Y, si está aletargada, merece ser quemada viva, como se ha hecho con alguna que, aunque torturada varias veces, no decía lo que los investigadores querían.

27. E incluso confesores y curas afirman que murió obstinada e impenitente; que no se convirtió ni abandonó su incubo, sino que mantuvo su fe en él.

28. Sin embargo, si muere bajo tanta tortura, dicen que el diablo le rompió el cuello.

29. Después de lo cual el cadáver es enterrado debajo del patíbulo.

30. Por otro lado, si no muere bajo tortura y si algún juez excepcionalmente escrupuloso no osa torturarla más sin mayores pruebas o quemarla sin confesión, la mantienen en la cárcel y la encadenan con la máxima dureza para que se pudra hasta que ceda, aunque pueda pasar un año entero.

31. La acusada no puede liberarse nunca. El comité investigador caería en desgracia si absolviera a una mujer; una vez arrestada y con cadenas, tiene que ser culpable, por medios justos o ilícitos.

32. Mientras tanto, sacerdotes ignorantes y testarudos acosan a la desgraciada criatura a fin de que, sea cierto o no, se confiese culpable; de no hacerlo así, dicen, no puede ser salvada ni participar en los sacramentos.

33. Sacerdotes más comprensivos o cultos no la pueden visitar en la cárcel para evitar que le den consejo o informen a los príncipes de lo que ocurre. Lo más temible es que salga a la luz algo que demuestre la inocencia de la acusada. Las personas que intentan hacerlo reciben el nombre de perturbadores.



34. Mientras la mantienen en prisión y bajo tortura, los jueces inventan astutos mecanismos para reunir nuevas pruebas de culpabilidad con el fin de declararla culpable de modo que, al revisarse el juicio, algún facultativo universitario pueda confirmar que debía ser quemada viva.

35. Hay jueces que, para aparentar una escrupulosidad suprema, hacen exorcizar a la mujer, la transfieren a otra parte y la vuelven a torturar para romper su aletargamiento; si mantiene silencio, entonces al menos pueden quemarla. Ahora bien, en nombre del Cielo, me gustaría saber: si tanto la que confiesa como la que no parecen del mismo modo, ¿cómo puede escapar alguien por inocente que sea? Oh mujer infeliz, ¿por qué has concebido esperanzas a la ligera? ¿Por qué, al entrar en la cárcel, no admitiste en seguida lo que ellos querían? ¿Por qué, mujer insensata y loca, deseaste morir tantas veces cuando podrías haber muerto sólo una? Sigue mi consejo y, antes de soportar todos estos males, di que eres culpable y muere. No escaparás, porque sería una desgracia catastrófica para el celo de Alemania.

36. Cuando, bajo la tensión del dolor, la bruja ha confesado, su situación es indescriptible. No sólo no puede escapar, sino que también se ve obligada a acusar a otras que no conoce, cuyos nombres con frecuencia ponen en su boca los investigadores o sugiere el ejecutor, o son los que ha oído como sospechosas o acusadas. Éstas a su vez se ven forzadas a acusar a otras, y éstas, a otras, y así sucesivamente: ¿quién puede dejar de ver esto?

37. Los jueces deben suspender esos juicios (e impugnar así su validez) o quemar a su familia, a ellos mismos y a todos los demás; porque todos, antes o después, son acusados falsamente; y, tras la tortura, siempre se demuestra que son culpables.<sup>4</sup>

38. Así, finalmente, los que al principio clamaban con mayor fuerza para alimentar las llamas se ven ellos mismos implicados, porque no atinaron a ver que también les llegaría el turno. Así el Cielo castiga justamente a los que con sus lenguas pestilentes; se crearon tantas brujas y enviaron a la hoguera a tantas inocentes...

Von Spee no explícita los horribles métodos de tortura que se empleaban. Transcribo aquí un resumen de una valiosa recopilación de *La enciclopedia de brujería y demonología*, de Rossell Hope Robbins (1959):

Se puede echar una ojeada a algunos de los tormentos especiales de Bamberg, por ejemplo, como alimentar por la fuerza a la acusada con arenques cocinados con sal y luego negarle el agua... un método sofisticado que iba unido a la inmersión de la acusada en un baño de agua hirviendo a la que se había añadido cal. Otras formas de tortura para las brujas eran el caballo de madera, varios tipos de potros, la silla de hierro caliente, tornos de piernas [botas españolas] y grandes botas de metal o piel en las que (con los pies dentro, desde luego) se vertía agua hirviendo o plomo fundido. En el tormento de la toca, *la question de l'eau*, se hacía tragar agua a la acusada a través de una gasa para provocarle asfixia. A continuación se retiraba rápidamente la

gasa para desgarrarle las entrañas. Las empulgueras [*grésillons*] tenían el objetivo de comprimir el pulgar de la mano o el dedo gordo del pie en la raíz de las uñas de modo que el dolor al apretar fuera insoportable.

Además, se aplicaban rutinariamente la estrapada, el trampazo y tormentos todavía más desagradables que me abstendré de describir. Después de la tortura, y con los instrumentos de la misma a plena vista, se pide a la víctima que firme una declaración, que a continuación se califica de «libre confesión» admitida voluntariamente.

Con gran riesgo personal, Von Spee protestó contra la persecución de las brujas. También lo hicieron otros, principalmente clérigos católicos que habían sido testigos de excepción de esos crímenes: Gianfrancesco Ponzinibio en Italia, Cornelius Loos en Alemania y Reginaid Scot en Gran Bretaña en el siglo XVI; así como Johann Mayfurth [«Escuchad, jueces hambrientos de dinero y perseguidores sedientos de sangre, las apariciones del Diablo son pura mentira»] en Alemania y Alonso Salazar de Frías en España en el siglo XVII. Junto con Von Spee y los cuáqueros en general, son héroes de nuestra especie. ¿Por qué no son más conocidos?

En *Una vela en la oscuridad* (1656), Thomas Ady planteó una cuestión clave:

Algunos objetarán que, si las brujas no pueden matar ni hacer muchas cosas extrañas por brujería, ¿por qué tantas de ellas han confesado haber cometido los crímenes y las cosas extrañas de las que se las acusaba?

A eso respondo: si Adán y Eva en su inocencia fueron vencidos con tanta facilidad y cayeron en la tentación, ¿cómo pueden ahora esas pobres criaturas después de la Caída, mediante persuasiones, promesas y amenazas, sin que las dejen dormir y sometidas a un tormento continuo, resistirse a confesar aquello que es falso e imposible y contrario a la fe de un cristiano?

Hasta el siglo XVIII no se contempló seriamente la posibilidad de la alucinación como componente de la persecución de las brujas; el obispo Francis Hutchinson, en su *Ensayo histórico sobre brujería* (1718), escribió:

Muchos hombres habían creído ver de verdad un espíritu externo ante ellos, cuando era sólo una imagen interna que bailaba en su propio cerebro.

Gracias a la valentía de los que se opusieron a la persecución de las brujas, a su extensión hasta las clases privilegiadas, al peligro que entrañaba para la creciente institución del capitalismo y, especialmente, a la dispersión de las ideas de la Ilustración europea, las quemadas de brujas prácticamente desaparecieron. La última ejecución por brujería en Holanda, cuna de la Ilustración, fue en 1610; en Inglaterra, en 1684; en América, en 1692; en

Francia, en 1745; en Alemania, en 1775, y en Polonia, en 1793. En Italia, la Inquisición condenó a muerte a gente hasta finales del siglo XVIII y la tortura inquisitorial no se abolió en la Iglesia católica hasta 1816. El último bastión defensor de la realidad de la brujería y la necesidad de castigo han sido las Iglesias cristianas.

La persecución de brujas fue vergonzosa. ¿Cómo pudimos hacerlo? ¿Cómo podíamos tener tanta ignorancia de nosotros mismos y nuestras debilidades? ¿Cómo pudo ocurrir en las naciones más «avanzadas», más «civilizadas» de la Tierra? ¿Por qué la apoyaban resueltamente conservadores, monárquicos y fundamentalistas religiosos? ¿Por qué se oponían a ello liberales, cuáqueros y seguidores de la Ilustración? Si estamos absolutamente seguros de que nuestras creencias son correctas y las de los demás erróneas, que a nosotros nos motiva el bien y a los otros el mal, que el rey del universo nos habla a nosotros y no a los fieles de fes muy diferentes, que es malo desafiar las doctrinas convencionales o hacer preguntas inquisitivas, que nuestro trabajo principal es creer y obedecer... la persecución de brujas se repetirá en sus infinitas variaciones hasta la época del último hombre. Recuérdese el primer punto de Friedrich von Spee y lo que implica: si el público hubiera comprendido mejor la superstición y el escepticismo, habría contribuido a provocar un cortocircuito en la serie de causas y efectos. Si no conseguimos entender cómo funcionó la última vez, no seremos capaces de reconocerlo la próxima vez que surja.

---000---

El Estado tiene el derecho absoluto de supervisar la formación de la opinión pública», dijo Josef Goebbels, el ministro de Propaganda nazi. En la novela de George Orwell *1984*, el estado «Gran Hermano» emplea a un ejército de burócratas cuyo trabajo es alterar los registros del pasado de acuerdo con los intereses de los que detentan el poder. *1984* no era una mera fantasía de compromiso político; se basaba en la Unión Soviética estalinista, donde se institucionalizó la reescritura de la historia. Poco después de que Stalin llegara al poder, empezaron a desaparecer las fotografías de su rival Liev Trotski, figura monumental en las revoluciones de 1905 y 1917. Ocuparon su lugar cuadros heroicos y totalmente antihistóricos de Stalin y Lenin dirigiendo juntos la Revolución bolchevique, mientras Trotski, el fundador del Ejército Rojo, no aparecía por ninguna parte. Esas imágenes se convirtieron en iconos del Estado. Se podían ver en todos los edificios de oficinas, en vallas publicitarias a veces de diez pisos de altura, en museos, en sellos de correos.

Las nuevas generaciones crecieron creyendo que aquélla *era* su historia. Las generaciones anteriores empezaron a pensar que recordaban algo, una especie de síndrome de falsa memoria política. Los que conseguían acomodar sus recuerdos reales a lo que los líderes deseaban que creyeran, ejercitaban lo que Orwell describió como «doble moral». Los que no podían, los bolcheviques viejos que recordaban el papel periférico de Stalin en la Revolución y el central de Trotski, eran denunciados como traidores o pequeño-burgueses incorregibles, «trotskistas» o «trotsko-fascistas», encarcelados, torturados y, después de ser obligados a confesar su traición en público, ejecutados. *Es* posible —dado el control absoluto sobre los medios de comunicación y la policía— reescribir los recuerdos de cientos de millones de personas si hay una generación que lo asume. Casi siempre se hace para mejorar el control del poder que tienen los poderosos, o para servir al narcisismo, megalomanía o paranoia de los líderes nacionales. Obstaculiza la maquinaria de corrección de errores. Sirve para borrar de la memoria pública profundos errores políticos y garantizar de este modo su repetición eventual.

En nuestra época, con la fabricación de imágenes fijas realistas, películas y videocintas tecnológicamente a nuestro alcance, con la televisión en todos los hogares y el pensamiento crítico en declive, parece posible reestructurar la memoria social sin que la policía secreta tenga que prestar una atención especial. No quiero decir que cada uno de nosotros tenga una serie de recuerdos implantados en sesiones terapéuticas especiales por psiquiatras nombrados por el Estado, sino más bien que pequeños números de personas tendrán tanto control sobre las noticias, libros de historia e imágenes profundamente conmovedoras que propiciarán cambios importantes en las actitudes colectivas.

Vimos un pálido eco de lo que se puede hacer ahora en 1990-1991, cuando Saddam Hussein, el autócrata de Iraq, efectuó una transición súbita en la conciencia americana y pasó de ser un oscuro casi aliado —al que se entregaban mercancías, alta tecnología, armas, e incluso datos de satélites de investigación— a ser un monstruo esclavizador que amenazaba al mundo. Personalmente no siento ninguna admiración por el señor Hussein, pero es asombroso lo de prisa que pudo pasar de ser alguien de quien prácticamente ningún americano había oído hablar a encarnar todos los males. En estos momentos, el aparato encargado de generar indignación está ocupado en otras cosas. ¿Hasta qué punto podemos confiar en que el poder de dirigir y determinar la opinión pública resida siempre en manos responsables?

Otro ejemplo contemporáneo es la «guerra» contra las drogas, en la que el gobierno y grupos cívicos con generosa financiación distorsionan sistemáticamente e incluso inventan pruebas científicas de efectos adversos

(especialmente de la marihuana) e impiden que un funcionario público plantee siquiera el tema para discutirlo abiertamente. Pero es difícil mantener siempre ocultas verdades históricas poderosas. Se descubren nuevas fuentes de datos. Aparecen nuevas generaciones de historiadores, menos marcados ideológicamente. A finales de la década de los ochenta y aun antes, Ann Druyan y yo introdujimos clandestinamente en la Unión Soviética ejemplares de la *Historia de la Revolución rusa* de Trotski para que nuestros colegas pudieran saber algo de sus propios orígenes políticos. En el quincuagésimo aniversario del asesinato de Trotski (un asesino enviado por Stalin le abrió la cabeza con un piolet), *Investía* pudo ensalzar a Trotski como «un gran revolucionario irreprochable»<sup>43</sup> y una publicación comunista alemana llegó a describirle como

un hombre que luchó por todos los que amamos la civilización humana, para los que esta civilización es nuestra nacionalidad. Su asesino... intentó, matándole a él, matar a esta civilización... Jamás un piolet había destrozado un cerebro humano más valioso y bien organizado.

Entre las tendencias que trabajan al menos marginalmente por la implantación de una serie muy limitada de actitudes, recuerdos y opiniones se incluye el control de las principales cadenas de televisión y los periódicos por un pequeño número de empresas e individuos poderosos con una motivación similar, la desaparición de los periódicos competitivos en muchas ciudades, la sustitución del debate sustancial por la sordidez de las campañas políticas y la erosión episódica del principio de la separación de poderes. Se estima (según el experto en medios de comunicación americano Ben Bagdikian) que menos de dos docenas de corporaciones controlan más de la mitad «del negocio global de diarios, revistas, televisión, libros y películas». Tendencias como la proliferación de canales de televisión por cable, las llamadas telefónicas baratas a larga distancia, las máquinas de fax, las redes y boletines informáticos, la autoedición a bajo precio por ordenador y los ejemplos de programas universitarios de profesiones liberales tradicionales podrían trabajar en la dirección opuesta.

Es difícil saber en qué va a acabar todo.

El escepticismo tiene por función ser peligroso. Es un desafío a las instituciones establecidas. Si enseñamos a todo el mundo, incluyendo por ejemplo a los estudiantes de educación secundaria, unos hábitos de pensamiento escéptico, probablemente no limitarán su escepticismo a los ovnis, los anuncios de aspirinas y los profetas canalizados de 35 000 años. Quizá empezarán a hacer preguntas importantes sobre las instituciones

---

<sup>43</sup> . Lo que sugería que las autoridades no habían entendido nada de su historia, que se limitaban a sustituir a una figura histórica por otra en la lista de «irreprochables».

económicas, sociales, políticas o religiosas. Quizá desafiarán las opiniones de los que están en el poder. ¿Dónde estaremos entonces?

---000---

El etnocentrismo, la xenofobia y el nacionalismo están actualmente en boga en muchas partes del mundo. La represión gubernamental de puntos de vista impopulares todavía está muy extendida. Se inculcan recuerdos falsos o engañosos. Para los defensores de estas actitudes, la ciencia es perturbadora. Exige acceso a verdades que son prácticamente independientes de tendencias étnicas o culturales. Por su naturaleza, la ciencia trasciende las fronteras nacionales. Si se pone a trabajar a los científicos del mismo campo de estudio juntos en una sala, aunque no compartan un idioma común, encontrarán una manera de comunicarse. La ciencia en sí es un lenguaje transnacional. Los científicos tienen una actitud natural cosmopolita y son más conscientes de los esfuerzos que se hacen por dividir a la familia humana en muchas facciones pequeñas y enfrentadas. «No existe la ciencia nacional —dijo el dramaturgo ruso Antón Chéjov—, como no existe la tabla de multiplicar nacional.» (Por lo mismo, para muchos no existe algo llamado religión nacional, aunque la religión del nacionalismo tenga millones de partidarios.)

En cantidades desproporcionadas, se encuentran científicos en las filas de los críticos sociales (o, menos caritativamente, «disidentes») que desafían las políticas y los mitos de sus propias naciones. Me vienen a la mente sin esfuerzo los nombres heroicos de los físicos Andréi Sajárov<sup>44</sup> en la antigua Unión Soviética, Albert Einstein y Leo Szilard en Estados Unidos, y Fang Lizhu en China: el primero y el último arriesgando sus vidas. Los científicos, especialmente después de la invención de las armas nucleares, han sido retratados como cretinos éticos. Eso es una injusticia si se tiene en cuenta a todos los que, a veces con un riesgo personal considerable, han levantado la voz contra la mala aplicación de la ciencia y la tecnología en sus propios países.

Por ejemplo, el químico Linus Pauling (1901-1994), el mayor responsable del Tratado de Prohibición de Pruebas Limitadas de 1963, que detuvo las explosiones sobre tierra de armas nucleares por parte de Estados Unidos, la Unión Soviética y el Reino Unido. Montó una apasionada campaña poniendo de relieve los daños morales con datos científicos, más

---

<sup>44</sup> Como «héroe» de la Unión Soviética condecorado con profusión y conocedor de sus secretos nucleares, Sajárov escribió sin ambages en el año de guerra fría de 1968 —en un libro que se publicó en Occidente y se distribuyó ampliamente en samizdat en la Unión Soviética—: «La libertad de pensamiento es la única garantía contra la infección de los pueblos por los mitos de masas que, en manos de hipócritas y demagogos traidores, pueden transformarse en dictaduras

creíbles por el hecho de haber sido él mismo laureado con el Nobel. En la prensa norteamericana se le solía difamar por sus quejas y, en la década de los cincuenta, el Departamento de Estado le retiró el pasaporte por considerar insuficientes sus muestras de anticomunismo. Se le concedió el Premio Nobel por la aplicación de ideas de mecánica cuántica —las resonancias y lo que se llama hibridación de orbitales— para explicar la naturaleza del enlace químico que une los átomos para formar moléculas. Esas ideas son ahora el pan y la sal de la química moderna. Pero, en la Unión Soviética, la obra de Pauling sobre química estructural fue denunciada por incompatibilidad con el materialismo dialéctico y declarada inaccesible para los químicos soviéticos.

Impasible ante estas críticas de Oriente y Occidente —en realidad, ni siquiera afectado—, siguió haciendo un trabajo monumental sobre el funcionamiento de los anestésicos, identificó la causa de la anemia falciforme (la sustitución de un único nucleótido en el ADN) y mostró cómo podía leerse la historia evolutiva de la vida comparando los ADN de varios organismos. Pauling seguía de cerca la pista de la estructura del ADN; Watson y Crick se apresuraban para llegar antes que él. El veredicto sobre su valoración de la vitamina C aparentemente sigue abierto. «Este hombre es un verdadero genio», fue el juicio de Albert Einstein.

En toda esta época siguió trabajando por la paz y la amistad. Cuando Ann y yo preguntamos a Pauling cuáles eran las raíces de su dedicación a temas sociales, nos dio una respuesta memorable: «Necesito ser digno del respeto de mi esposa», Helen Ava Pauling. Ganó un segundo Premio Nobel, éste de la paz, por su trabajo en la prohibición de las pruebas nucleares, convirtiéndose en la única persona de la historia que ha ganado dos premios Nobel en solitario.

Algunos opinaban que a Pauling le gustaba armar líos. Los que ven con malos ojos los cambios sociales pueden sentir la tentación de mirar con sospecha la ciencia como tal. Tendemos a pensar que la tecnología es segura, que está realmente guiada y controlada por la industria y el gobierno. Pero la ciencia pura, la ciencia por sí misma, la ciencia como curiosidad, la ciencia que nos podría llevar a cualquier parte y a desafiar cualquier cosa, eso es otra historia. Algunas áreas de ciencia pura son el único camino hacia las futuras tecnologías —es cierto—, pero las actitudes de la ciencia, si se aplican ampliamente, pueden percibirse como peligrosas. A través de los salarios, la presión social y la distribución de prestigio y premios, las sociedades tienden a colocar a todos los científicos en un terreno medio seguro y razonable... entre la escasez de progreso tecnológico a largo plazo y el exceso de crítica social a corto plazo.

---

sangrientas.» Pensaba tanto en Occidente como en Oriente. Yo añadiría que el pensamiento libre es una condición necesaria, pero no suficiente, para la democracia.

A diferencia de Pauling, muchos científicos consideran que su trabajo es la ciencia, definida con exclusión, y creen que involucrarse en la crítica política o social no es sólo una distracción de la vida científica sino incluso antitético a ella. Como hemos mencionado antes, durante el «Proyecto Manhattan», el intento exitoso de Estados Unidos en la segunda guerra mundial de construir armas nucleares antes que los nazis, algunos científicos participantes empezaron a mostrar reservas, más evidentes cuanto más claro se hizo lo inmensamente poderosas que eran las armas. Algunos de ellos, como Leo Slizard, James Franck, Harold Urey y Robert R. Wilson, intentaron llamar la atención de los líderes políticos y el público (especialmente después de la derrota de los nazis) sobre los peligros de la carrera armamentística que se avecinaba, y que era fácil presagiar, con la Unión Soviética. Otros argüían que los problemas políticos estaban fuera de su jurisdicción. «Me pusieron en la Tierra para hacer algunos descubrimientos —dijo Enrico Fermi—, y no es asunto mío lo que puedan hacer con ellos los políticos.» Pero, con todo, Fermi quedó tan abrumado con los peligros del arma termonuclear que defendía Edward Teller que firmó un famoso documento que apremiaba a Estados Unidos a no construir lo que llamaban el «diablo».

Jeremy Stone, presidente de la Federación de Científicos Americanos, ha descrito a Teller —cuyos esfuerzos por justificar las armas termonucleares he contado en un capítulo anterior— con estas palabras:

Edward Teller... insistía, al principio por razones intelectuales personales y más tarde por razones geopolíticas, en que se construyera una bomba de hidrógeno. Usando la táctica de la exageración e incluso las calumnias, manipuló con éxito el proceso de estrategia política durante cinco décadas denunciando todo tipo de medidas de control de armas y promoviendo programas de escalada en la carrera armamentística de muchos tipos.

La Unión Soviética, al enterarse de su proyecto de bomba H, construyó su propia bomba H. Como consecuencia directa de la personalidad inusual de este individuo particular y del poder de la bomba H, el mundo se podría haber arriesgado a un nivel de aniquilación que de otro modo quizá no se hubiera revelado o hubiera surgido más tarde y bajo mejores controles políticos.

En todo caso, ningún científico había tenido nunca mayor influencia en los riesgos que ha corrido la humanidad que Edward Teller, y la actitud general de Teller en toda la carrera armamentística es reprehensible...

La fijación de Edward Teller con la bomba H podría haberle llevado a hacer más para poner en peligro la vida de este planeta que ningún otro individuo de nuestra especie...



Comparados con Teller, los líderes de la ciencia atómica occidental no eran más que bebés en el campo de la política, ya que su liderazgo estaba determinado por su capacidad profesional y no, como en este caso, por su capacidad política.

Mi propósito aquí no es castigar a un científico por sucumbir a las pasiones humanas, sino reiterar este nuevo imperativo: los poderes sin precedentes que la ciencia pone ahora a nuestra disposición deben ir acompañados de una gran atención ética y preocupación por parte de la comunidad científica... además de una educación pública basada fundamentalmente en la importancia de la ciencia y la democracia.

CAPÍTULO 25

LOS VERDADEROS

PATRIOTAS

HACEN

PREGUNTAS<sup>45</sup>

---

---

<sup>45</sup> Escrito con Ann Druyan.

No es función de nuestro gobierno  
impedir que el ciudadano cometa un error;  
es función del ciudadano , impedir que el  
gobierno cometa un error.

Corte Suprema de Justicia de Estados  
Unidos,  
ROBERT H. JACKSON,  
1950

Es un hecho de la vida en nuestro pequeño planeta asediado que la tortura, el hambre y la irresponsabilidad criminal gubernamental son mucho más fáciles de encontrar en gobiernos tiránicos que en los democráticos. ¿Por qué? Porque los gobernantes de los segundos tienen muchas más probabilidades de ser echados del cargo por sus errores que los de los primeros. Es un mecanismo de corrección de errores en política.

Los métodos de la ciencia —con todas sus imperfecciones— se pueden usar para mejorar los sistemas sociales, políticos y económicos, y creo que eso es cierto cualquiera que sea el criterio de mejora que se adopte. ¿Cómo puede ser así si la ciencia se basa en el experimento? Los humanos no son electrones o ratas de laboratorio. Pero todas las actas del Congreso, todas las decisiones del Tribunal Supremo, todas las directrices presidenciales de seguridad nacional, todos los cambios en el tipo de interés son un experimento. Cualquier cambio en política económica, el aumento o reducción de financiación del programa *Head Start*, el endurecimiento de las sentencias penales, es un experimento. Establecer el cambio de jeringuillas usadas, poner condones a disposición del público o despenalizar la marihuana son experimentos. No hacer nada para ayudar a Abisinia contra Italia, o para impedir que la Alemania nazi invadiera la tierra del Rin, fue un experimento. El comunismo en la Europa del Este, la Unión Soviética y China fue un experimento. La privatización de la atención de la salud mental o de las cárceles es un experimento. La considerable inversión de Japón y Alemania Occidental en ciencia y tecnología y casi nada en defensa —y como resultado el auge de sus economías— fue un experimento. En Seattle era posible comprar pistolas para autoprotección, pero no en el cercano Vancouver, en Canadá; los asesinatos con pistola son cinco veces más comunes y la tasa de suicidio con pistola diez veces mayor en Seattle: las pistolas facilitan el asesinato impulsivo. Eso también es un experimento. En casi todos esos casos no se realizan experimentos de control adecuados, o las variables no están suficientemente separadas. Sin embargo, hasta cierto grado a menudo

útil, las ideas políticas se pueden probar. Sería una gran pérdida ignorar los resultados de los experimentos sociales porque parecen ideológicamente desagradables.

No hay ninguna nación en la Tierra que se encuentre en condiciones óptimas para encarar el siglo XXI. Nos enfrentamos a abundantes problemas sutiles y complejos. Por tanto, necesitamos soluciones sutiles y complejas. Como no hay una teoría deductiva de la organización social, nuestro único recurso es el experimento científico: poner a prueba a veces a pequeña escala (comunidad, ciudad y a nivel estatal, por ejemplo) una amplia serie de alternativas. Uno de los beneficios del cargo de primer ministro en China en el siglo V a. J.C. era que podía construir un Estado modelo en su distrito o provincia natal. El principal fracaso de la vida de Confucio, según lamentaba él mismo, fue que él nunca lo intentó.

Un simple escrutinio superficial de la historia revela que los humanos tenemos una triste tendencia a cometer los mismos errores una y otra vez. Nos dan miedo los extraños o cualquiera que sea un poco diferente de nosotros. Cuando nos asustamos, nos ponemos a empujar a la gente de nuestro alrededor. Tenemos resortes fácilmente accesibles que liberan poderosas emociones cuando se pulsan. Podemos ser manipulados hasta el más profundo sinsentido por políticos inteligentes. Se nos presenta el tipo de líder correcto y, como los pacientes más sugestionables de los hipnoterapeutas, haremos gustosamente todo lo que él quiera... hasta cosas que sabemos que son erróneas. Los redactores de la Constitución eran estudiantes de historia. Conscientes de la condición humana, intentaron inventar un medio para mantenernos libres a pesar de nosotros mismos.

Los que se oponían a la Constitución de Estados Unidos insistían en que nunca funcionaría; que era imposible una forma de gobierno republicano que abarcara una tierra con «climas, economías, morales, políticas y pueblos tan distintos», como dijo el gobernador George Clinton de Nueva York; que un gobierno y una Constitución así, como declaró Patrick Henry de Virginia, «contradicen toda la experiencia del mundo». De todos modos, se intentó el experimento.

Los descubrimientos y las actitudes científicas eran comunes entre los que inventaron a Estados Unidos. La autoridad suprema, por encima de cualquier opinión personal, libro o revelación —como dice la Declaración de la Independencia— eran «las leyes de la naturaleza y del Dios de la naturaleza». Benjamín Franklin era venerado en Europa y América como fundador del nuevo campo de la física eléctrica. En la Convención Constitucional de 1789, John Adams apeló repetidamente a la analogía del equilibrio mecánico en las máquinas; otros al descubrimiento de William Harvey de la circulación de la sangre. Adams, más adelante, escribió: «Todos

los humanos son químicos de la cuna a la tumba... El Universo Material es un experimento químico.» James Madison utilizó metáforas químicas y biológicas en *The Federalist Papers*. Los revolucionarios americanos eran criaturas de la Ilustración europea, que proporciona unos antecedentes esenciales para entender los orígenes y el propósito de Estados Unidos.

«La ciencia y sus corolarios filosóficos», escribía el historiador americano Clinton Rossiter,

fueron quizá la fuerza intelectual más importante en la formación del destino de la América del siglo XVIII... Franklin era sólo uno entre un gran número de colonos con visión de futuro que reconocieron la relación del método científico con el procedimiento democrático. Investigación libre, intercambio libre de información, optimismo, autocritica, pragmatismo, objetividad... todos esos ingredientes de la república en ciernes estaban ya en vigor en la república de la ciencia que floreció en el siglo XVIII.

---000---

Thomas Jefferson era un científico. Así es como se definía él mismo. Cuando uno visita su casa en Monticello, Virginia, sólo atravesar el portal encuentra pruebas por doquier de su interés científico, no sólo en su inmensa y variada biblioteca, sino en las máquinas copadoras, puertas automáticas, telescopios y otros instrumentos, algunos de ellos justo en el filo de la tecnología de principios del siglo XIX. Algunos los inventó, otros los copió, otros los adquirió. Comparó las plantas y los animales de América y Europa, descubrió fósiles, utilizó el cálculo en el diseño de un nuevo arado. Dominó la física newtoniana. La naturaleza le destinaba, según decía él, a ser científico, pero no existía la oportunidad de dedicarse a la ciencia en la Virginia prerrevolucionaria. Necesidades más apremiantes pasaron a primer plano. Se metió de lleno en los acontecimientos históricos que se sucedían a su alrededor. Una vez alcanzada la independencia, decía, las siguientes generaciones podrían dedicarse a la ciencia y el academicismo.

Jefferson fue uno de mis primeros héroes, no por sus intereses científicos (aunque le ayudaron mucho a moldear su filosofía política) sino porque él, casi más que nadie, fue responsable de la extensión de la democracia por todo el mundo. La idea —asombrosa, radical y revolucionaria en la época (en muchos lugares del mundo todavía lo es)— es que ni los reyes, ni los curas, ni los alcaldes de grandes ciudades, ni los dictadores, ni una camarilla militar, ni una conspiración de facto de gente rica, sino la gente ordinaria, en trabajo conjunto, deben gobernar las naciones. Jefferson no fue sólo un teórico importante de esta causa; estuvo involucrado en ella en el aspecto más práctico, ayudando a plasmar el gran experimento

político americano que ha sido admirado y emulado en todo el mundo desde entonces.

Murió en Monticello el 4 de julio de 1826, exactamente cincuenta años después del día que las colonias emitieron aquel documento sensacional, escrito por Jefferson, llamado Declaración de Independencia. Fue denunciado por conservadores de todo el mundo: la monarquía, la aristocracia y la religión avalada por el Estado... eso era lo que defendían entonces los conservadores. En una carta compuesta unos días antes de su muerte, escribió que la «luz de la ciencia» había demostrado que «la masa de la humanidad no ha nacido con la silla de montar a la espalda», y que tampoco unos pocos privilegiados nacían «con botas y espuelas». Había escrito en la Declaración de Independencia que todos debemos tener las mismas oportunidades, los mismos derechos «inalienables». Y aunque la definición de «todos» en 1776 era vergonzosamente incompleta, el espíritu de la Declaración era lo bastante generoso como para que hoy en día el «todos» abarque mucho más.

Jefferson era un estudioso de la historia, no sólo la historia acomodaticia y segura que alaba nuestra propia época, país o grupo étnico, sino la historia real de los humanos reales, nuestras debilidades además de nuestras fuerzas. La historia le enseñó que los ricos y poderosos roban y oprimen si tienen la más mínima oportunidad. Describió los gobiernos de Europa, a los que pudo contemplar con sus propios ojos como embajador americano en Francia. Decía que bajo la pretensión de gobierno, habían dividido a sus naciones en dos clases: lobos y ovejas. Jefferson enseñó que todo gobierno se degenera cuando se deja solos a los gobernantes, porque éstos —por el mero hecho de gobernar— hacen mal uso de la confianza pública. El pueblo en sí, decía, es la única fuente prudente de poder.

Pero le preocupaba que el pueblo —y el argumento se encuentra ya en Tucídides y Aristóteles— se dejase engañar fácilmente. Por eso defendía políticas de seguridad, de salvaguardia. Una era la separación constitucional de los poderes; de ese modo, varios grupos que defendieran sus propios intereses egoístas se equilibrarían unos a otros e impedirían que ninguno de ellos acabase con el país: las ramas ejecutiva, legislativa y judicial; la Cámara de Representantes y el Senado; los estados y el gobierno federal. También subrayó, apasionada y repetidamente, que era esencial que el pueblo entendiera los riesgos y beneficios del gobierno, que se educara e implicara en el proceso político. Sin él, decía, los lobos lo engullirían todo. Así lo expresó en *Notas sobre Virginia*, subrayando que es fácil para los poderosos y sin escrúpulos encontrar zonas de explotación vulnerables:

En todo gobierno sobre la tierra hay algún rastro de debilidad humana, algún germen de corrupción y degeneración que la astucia descubrirá y la malicia abrirá, cultivará y mejorará de manera imperceptible. Todo gobierno degenera

cuando se confía sólo a los gobernantes del pueblo. El propio pueblo es por tanto el único depositario seguro. Y, para que tenga seguridad, debe cultivarse el pensamiento...

Jefferson tuvo poco que ver con la redacción final de la Constitución de Estados Unidos; cuando se estaba gestando, él ocupaba el cargo de embajador americano en Francia. Le satisfizo la lectura del documento, con dos reservas. Una deficiencia: no se ponía límite al número de períodos que podía gobernar un presidente. Eso, temía Jefferson, propiciaba que un presidente se convirtiera en rey de facto, si no legalmente. La otra gran deficiencia era la ausencia de una declaración de derechos. El ciudadano —la persona media— no estaba bastante protegida, pensaba Jefferson, de los inevitables abusos de poder de los que lo ejercen.

Defendió la libertad de expresión, en parte para que se pudieran expresar incluso las opiniones más impopulares con el fin de poder ofrecer a consideración desviaciones de la sabiduría convencional. Personalmente era un hombre de lo más amistoso, poco dispuesto a criticar ni siquiera a sus enemigos más encarnizados. En el vestíbulo de Monticello exhibía un busto de su archiadversario Alexander Hamilton. A pesar de todo, creía que el hábito del escepticismo era un requisito esencial para una ciudadanía responsable. Argüía que el coste de la educación es trivial comparado con el coste de la ignorancia, de dejar el gobierno a los lobos. Creía que el país sólo está seguro cuando gobierna el pueblo.

Parte de la obligación del ciudadano es no dejarse intimidar ni resignarse al conformismo. Desearía que el juramento de ciudadanía que se toma a los inmigrantes, y la oración que los estudiantes recitan diariamente incluyera algo así como: «Prometo cuestionar todo lo que me digan mis líderes.» Sería un equivalente real del argumento de Thomas Jefferson. «Prometo utilizar mis facultades críticas. Prometo desarrollar mi independencia de pensamiento. Prometo educarme para poder hacer mi propia valoración.»

También me gustaría que se jurase la lealtad a la Constitución y la Declaración de Derechos, como hace el presidente al jurar el cargo, en lugar de a la bandera y la nación.

Si pensamos en los fundadores de Estados Unidos —Jefferson, Washington, Samuel y John Adams, Madison y Monroe, Benjamín Franklin, Tom Paine y muchos otros—, nos encontramos con una lista de al menos diez y puede que incluso docenas de grandes líderes políticos. Eran cultos. Siendo productos de la Ilustración europea, eran estudiosos de la historia. Conocían la falibilidad, debilidad y corrupción humanas. Hablaban el inglés con fluidez. Escribían sus propios discursos. Eran realistas y prácticos y, al mismo tiempo, estaban motivados por altos principios. No tenían que



comprobar las encuestas para saber qué pensar aquella semana. Sabían qué pensar. Se sentían cómodos pensando a largo plazo, planificando incluso más allá de la siguiente elección. Eran autosuficientes, no necesitaban una carrera de políticos ni formar grupos de presión para ganarse la vida. Eran capaces de sacar lo mejor que había en nosotros. Les interesaba la ciencia y, al menos dos de ellos, la dominaban. Intentaron trazar un camino para Estados Unidos hasta un futuro lejano, no tanto estableciendo leyes como fijando los límites del tipo de leyes que se podían aprobar.

La Constitución y su Declaración de Derechos han resultado francamente buenas y, a pesar de la debilidad humana, han constituido una máquina capaz, casi siempre, de corregir su propia trayectoria. En aquella época había sólo dos millones y medio de ciudadanos de Estados Unidos. Hoy somos unas cien veces más. Es decir, si entonces había diez personas del calibre de Thomas Jefferson, ahora debería haber  $10 \times 100 = 1\,000$  Thomas Jefferson. ¿Dónde están?

---000---

Una razón por la que la Constitución es un documento osado y valiente es que permite el cambio continuo, hasta de la forma de gobierno, si el pueblo lo desea. Como nadie dispone de la sabiduría suficiente para prever qué ideas responderán a las necesidades sociales más apremiantes —aunque sean contrarias a la intuición y hayan causado preocupación en el pasado— este documento intenta garantizar la expresión más plena y libre de las opiniones.

Desde luego, eso tiene un precio. La mayoría de nosotros defendemos la libertad de expresión cuando vemos un peligro de que se supriman nuestras opiniones. Sin embargo, no nos preocupa tanto cuando opiniones que despreciamos encuentran de vez en cuando un poco de censura. Pero, dentro de ciertas circunstancias estrechamente circunscritas —el famoso ejemplo del juez de paz Oliver Wendell Holmes era crear el pánico gritando «fuego» en un teatro lleno sin ser verdad—, se permiten grandes libertades en Estados Unidos.

- Los coleccionistas de armas tienen la libertad de utilizar retratos del presidente del Tribunal Supremo, el portavoz del Congreso o el director del FBI para sus prácticas de tiro; los ciudadanos que ven ofendida su mentalidad cívica tienen libertad de quemar la efigie del presidente de Estados Unidos.
- Aunque se burlen de los valores judeo-cristianos-islámicos, aunque ridiculicen todo lo que para nosotros es más sagrado, los adoradores del mal (si es que existen) tienen derecho a practicar su religión, siempre que no infrinjan ninguna ley constitucional en vigor.

- El gobierno no puede censurar un artículo científico o un libro popular que pretenda afirmar la «superioridad» de una raza sobre otra, por muy pernicioso que sea; el remedio para un argumento falaz es un argumento mejor, no la supresión de la idea.
- Grupos e individuos tienen libertad de denunciar que una conspiración judía o masónica domina el mundo, o que el gobierno federal está aliado con el diablo.
- Un individuo, si lo desea, puede ensalzar la vida y la política de asesinos de masas tan indiscutibles como Adolf Hitler, Iósiv Stalin y Mao Zedong. Hasta las opiniones más detestables tienen derecho a ser oídas.

El sistema fundado por Jefferson, Madison y sus colegas ofrece medios de expresión a personas que no comprenden su origen y desearían sustituirlo por otro muy diferente. Por ejemplo, Tom Clark, fiscal general y, como tal, el principal defensor de la ley de Estados Unidos, ofreció esta sugerencia en 1948: «No se debería permitir a los que no creen en la ideología de Estados Unidos quedarse en Estados Unidos». Pero sí hay una ideología clave y característica de la ideología de los Estados Unidos es que no hay ideologías obligatorias ni prohibidas. Algunos casos más recientes: John Brockhoeft, encarcelado por haber puesto una bomba en una clínica abortiva de Cincinnati, escribió, en una carta a una revista «pro vida»:

Soy un fundamentalista de mente estrecha, intolerante, reaccionario, defensor de la Biblia... fanático donde los haya... La razón por la que Estados Unidos fue en otros tiempos una gran nación, además de haber sido bendecida por Dios, es porque se basaba en la verdad, la justicia y la estrechez de miras.

Randall Terry, fundador de «Operation Rescue», una organización que bloquea las clínicas donde se practican abortos, dijo a una congregación en agosto de 1993:

Dejad que os bañe una ola de intolerancia... Sí, odiar es bueno... Nuestro objetivo es una nación cristiana... Dios nos ha llamado para conquistar este país... No queremos pluralismo.

La expresión de estas opiniones está protegida, como es de rigor, por la Declaración de Derechos, aunque los protegidos la abolirían si tuvieran ocasión. La protección que tenemos los demás es utilizar la misma Declaración de Derechos para transmitir a todos los ciudadanos lo indispensable que es.

¿Qué manera de protegerse a sí mismas contra la falibilidad humana, qué mecanismo de protección ante el error ofrecen esas doctrinas e

instituciones alternativas? ¿Un líder infalible? ¿Raza? ¿Nacionalismo? ¿Una ruptura general con la civilización, excepto por los explosivos y armas automáticas? ¿Cómo pueden estar *seguras*... especialmente en la oscuridad del siglo xx? ¿No necesitan velas?

En su celebrado librito *Sobre la libertad*, el filósofo inglés John Stuart Mill defendía que silenciar una opinión es «un mal peculiar». Si la opinión es buena, se nos arrebató la «oportunidad de cambiar el error por la verdad»; y, si es mala, se nos priva de una comprensión más profunda de la verdad en «su colisión con el error». Si sólo conocemos nuestra versión del argumento, apenas sabemos siquiera eso; se vuelve insulsa, pronto aprendida de memoria, sin comprobación, una verdad pálida y sin vida.

Mill también escribió: «Si la sociedad permite que un número considerable de sus miembros crezcan como si fueran niños, incapaces de guiarse por la consideración racional de motivos distantes, la propia sociedad es culpable.» Jefferson exponía lo mismo aún con mayor fuerza: «Si una nación espera ser ignorante y libre en un estado de civilización, espera lo que nunca fue y lo que nunca será.» En una carta a Madison, abundó en la idea: «Una sociedad que cambia un poco de libertad por un poco de orden los perderá ambos y no merecerá ninguno.»

Hay gente que, cuando se le ha permitido escuchar opiniones alternativas y someterse a un debate sustancial, ha cambiado de opinión. Puede ocurrir. Por ejemplo, Hugo Black, en su juventud, era miembro del Ku Klux Klan; más tarde se convirtió en juez del Tribunal Supremo y fue uno de los defensores de las históricas decisiones del tribunal basadas en parte en la XIV Enmienda a la Constitución que afirmaron los derechos civiles de todos los americanos. Se decía de él que, de joven, se puso túnicas blancas para asustar a los negros y, de mayor, se vistió con túnicas negras para asustar a los blancos.

En asuntos de justicia penal, la Declaración de Derechos reconoce la tentación que puede sentir la policía, fiscales y magistratura de intimidar a los testigos y acelerar el castigo. El sistema de justicia penal es falible: se puede castigar a personas inocentes por delitos que no cometieron; los gobiernos son perfectamente capaces de encerrar a los que, por razones no relacionadas con la suposición de delito, no le gustan. Así, la Declaración de Derechos protege a los acusados. Se hace una especie de análisis de costo-beneficio. A veces puede liberarse al culpable para que el inocente no sea castigado. Eso no es sólo una virtud moral; también impide que se use el sistema de justicia penal para suprimir opiniones impopulares o minorías despreciadas. Es parte de la maquinaria de corrección de errores.

Las ideas nuevas, los inventos y la creatividad en general son siempre la punta de lanza de un tipo de libertad: una rotura de limitaciones y

obstáculos. La libertad es un requisito previo para continuar el delicado experimento de la ciencia —razón por la que la Unión Soviética no podía seguir siendo un Estado totalitario para ser tecnológicamente competitiva—. Al mismo tiempo, la ciencia —o más bien su delicada mezcla de apertura y escepticismo, y su promoción de la diversidad y el debate— es un requisito previo para continuar el delicado experimento de la libertad en una sociedad industrial y altamente tecnológica.

Una vez cuestionada la insistencia religiosa en la opinión dominante de que la Tierra estaba en el centro del universo, ¿por qué aceptar las afirmaciones repetidas con confianza por los jefes religiosos de que Dios envió a los reyes para que nos gobernarán? En el siglo XVII, era fácil fustigar a los tribunales ingleses y coloniales y lanzarlos con frenesí contra tal impiedad o herejía. Estaban dispuestos a torturar a la gente hasta la muerte por sus creencias. A finales del siglo XVIII, no estaban tan seguros.

Rossiter de nuevo (de *Siembra de la República*, 1953):

Bajo la presión del entorno americano, el cristianismo se hizo más humanista y templado, más tolerante con la lucha de las sectas, más liberal con el crecimiento del optimismo y racionalismo, más experimental con el ascenso de la ciencia, más individualista con la llegada de la democracia. Y lo que es igual de importante, un número cada vez mayor de colonos, como lamentaba en voz alta una legión de predicadores, estaba adquiriendo una curiosidad secular y una actitud escéptica.

La Declaración de Derechos separó a la religión del Estado, en parte porque muchas religiones estaban sumergidas en un marco de pensamiento absolutista, convencida cada una de ellas de que sólo ella tenía el monopolio de la verdad y deseosa en consecuencia de que el Estado impusiera esta verdad a los demás. Los líderes y practicantes de las religiones absolutistas solían ser incapaces de percibir un terreno medio o reconocer que la verdad podía inspirar y abrazar doctrinas aparentemente contradictorias.

Los formuladores de la Declaración de Derechos tenían ante sus ojos el ejemplo de Inglaterra, donde el delito eclesiástico de herejía y el secular de traición se habían vuelto casi indistinguibles. Muchos de los primeros colonos habían llegado a América huyendo de la persecución religiosa, aunque algunos de ellos no tenían ningún reparo en perseguir a otros por sus creencias. Los fundadores de nuestra nación reconocieron que una relación estrecha entre el gobierno y cualquiera de las religiones belicosas sería fatal para la libertad... y perjudicial para la religión. El juez Black (en la decisión del Tribunal Supremo *Engel V. Vitale*, 1962) describió la cláusula de establecimiento de la Primera Enmienda de ese modo:

Su primer propósito y más inmediato radicaba en la creencia de que una unión de gobierno y religión tiende a destruir el gobierno y a degradar la religión.

Además, aquí también funciona la separación de poderes. Cada secta y culto, como apuntó en una ocasión Walter Savage Landor, es una comprobación moral de las otras: «La competencia es tan sana en religión como en el comercio.» Pero el precio es alto: esta competencia es un impedimento para las instituciones religiosas que actúan en concierto para dirigir el bien común. Rossiter concluye:

Las doctrinas gemelas de la separación de Iglesia y Estado y la libertad de conciencia individual son el meollo de nuestra democracia, si no ciertamente la contribución más majestuosa de Estados Unidos a la liberación del hombre occidental.

Pero no sirve de nada tener esos derechos si no se usan: el derecho de libre expresión cuando nadie contradice al gobierno, la libertad de prensa cuando nadie está dispuesto a formular las preguntas importantes, el derecho de reunión cuando no hay protesta, el sufragio universal cuando vota menos de la mitad del electorado, la separación de la Iglesia y el Estado cuando no se repara regularmente el muro que los separa. Por falta de uso, pueden llegar a convertirse en poco más que objetos votivos, pura palabrería patriótica. Los derechos y las libertades o se usan o se pierden.

Gracias a la previsión de los que formularon la Declaración de Derechos —e incluso gracias a todos aquellos que, con un riesgo personal considerable, insistieron en ejercer esos derechos— ahora es difícil acallar la libre expresión. Los comités de bibliotecas escolares, el servicio de inmigración, la policía, el FBI —o el político ambicioso que busca ganar votos fáciles— pueden intentarlo de vez en cuando, pero tarde o temprano salta el tapón. La Constitución, al fin y al cabo, es la ley de la tierra, los cargos públicos juran respetarla, y los activistas y tribunales la ponen a prueba de manera periódica.

Sin embargo, con el descenso del nivel de la educación, la decadencia de la competencia intelectual, la disminución del entusiasmo por un debate sustancial y la sanción social contra el escepticismo, nuestras libertades pueden irse erosionando lentamente y nuestros derechos quedar subvertidos. Los fundadores lo entendieron muy bien: «El momento de establecer todos los derechos esenciales sobre una base legal es ahora, cuando nuestros gobernantes son honestos y nosotros estamos unidos», dijo Thomas Jefferson.

Cuando concluya esta guerra [revolucionaria], nuestro camino será cuesta abajo. Entonces no será necesario recurrir en todo momento al pueblo para

buscar apoyo. En consecuencia, lo olvidarán y se ignorarán sus derechos. Se olvidarán de ellos mismos excepto en la facultad de ganar dinero y nunca pensarán en unirse para prestar el respeto debido a sus derechos. Así pues, los grilletes, que no serán destruidos a la conclusión de esta guerra, permanecerán largo tiempo sobre nosotros y se irán haciendo cada vez más pesados hasta que nuestros derechos renazcan o expiren en una convulsión.

---000---

La educación sobre el valor de la libre expresión y las demás libertades que garantiza la Declaración de Derechos, sobre lo que ocurre cuando no se tienen y sobre cómo ejercerlas y protegerlas, debería ser un requisito esencial para ser ciudadano americano o, en realidad, ciudadano de cualquier nación, con más razón cuando estos derechos están desprotegidos. Si no podemos pensar por nosotros mismos, si somos incapaces de cuestionar la autoridad, somos pura masilla en manos de los que ejercen el poder. Pero si los ciudadanos reciben una educación y forman sus propias opiniones, los que están en el poder trabajan para *nosotros*. En todos los países se debería enseñar a los niños el método científico y las razones para la existencia de una Declaración de Derechos. Con ello se adquiere cierta decencia, humildad y espíritu de comunidad. En este mundo poseído por demonios que habitamos en virtud de ser humanos, quizá sea eso lo único que nos aísla de la oscuridad que nos rodea.

## AGRADECIMIENTOS

Durante muchos años he tenido el gran placer de dirigir un seminario sobre Pensamiento Crítico en la Universidad de Cornell. He podido seleccionar estudiantes de toda la universidad en base a su capacidad y diversidad cultural y disciplinaria. Concedemos especial importancia a los trabajos escritos y a la argumentación oral. Hacia el final del curso, los estudiantes seleccionan una serie de temas sociales muy controvertidos en los que tengan una importante implicación emocional. De dos en dos, se preparan para una serie de debates orales de final de semestre. Unas semanas antes de los debates, sin embargo, se les informa de que la tarea de cada uno es presentar el punto de vista del oponente de modo que sea satisfactorio para éste y pueda decir: «Sí, es una presentación justa de mis opiniones.» En el debate escrito conjunto exploran sus diferencias, pero también cómo los ha ayudado el proceso de debate a entender mejor el punto de vista opuesto. Presenté algunos temas de este libro a esos estudiantes; he aprendido mucho de la recepción y crítica de mis ideas y quiero darles las gracias. También estoy agradecido al Departamento de Astronomía de Cornell, y a su presidente, Yervant Terzian, por permitirme dar el curso que —a pesar de llevar el título de Astronomy 490— trata sólo un poco de astronomía.

Parte de este libro ha sido publicado en la revista *Parade*, un suplemento dominical de periódicos de toda América del Norte, con unos 83 millones de lectores a la semana. Las generosas respuestas que he recibido de los lectores de *Parade* me han permitido profundizar en mi comprensión de los temas que describo en este libro y en la variedad de actitudes públicas. En varios lugares he resumido parte de las cartas que he recibido de lectores de *Parade* que, creo, me han servido para tomar el pulso de la ciudadanía de Estados Unidos. El editor jefe de *Parade*, Walter Anderson, y el editor senior, David Currier, además del personal de edición e investigación de esta interesante revista, han mejorado en muchos casos mi presentación. También

han permitido que se expresaran opiniones que podrían no haberse impreso en publicaciones menos respetuosas de la Primera Enmienda de la Constitución de Estados Unidos. Algunas partes del texto aparecieron por primera vez en *The Washington Post* y *The New York Times*. El último capítulo se basa en parte en un discurso que tuve el placer de pronunciar el 4 de julio de 1992 desde el Pórtico del Este en Monticello —«la cruz de la moneda»— durante el acto de admisión a la ciudadanía de Estados Unidos de personas de treinta y una naciones distintas.

Mis opiniones sobre la democracia, el método de la ciencia y la educación pública han recibido la influencia de numerosas personas a lo largo de los años y a muchas de ellas las he mencionado en el texto. Pero me gustaría destacar aquí la inspiración que he recibido de Martín Gardner, Isaac Asimov, Philip Morrison y Henry Steele Commager. No tengo espacio suficiente para dar las gracias a los muchos que me han ayudado a proporcionar comprensión y ejemplos lúcidos, o que han corregido errores de omisión o comisión, pero quiero que todos ellos reciban mi agradecimiento más profundo. Sin embargo, debo agradecer explícitamente a los siguientes amigos y colegas su revisión crítica de todos o parte de los borradores de este libro: Bill Aldridge, Susan Blackmore, William Cromer, Fred Frankel, Kendrick Frazier, Martín Gardner, Ira Glasser, Fred Golden, Kurt Gottfried, Lester Grinspoon, Philip Klass, Paúl Kurtz, Elizabeth Loftus, David Morrison, Richard Ofshe, Jay Orear, Albert Pennybacker, Frank Press, James Randi, Theodore Roszak, Dorion Sagan, David Saperstein, Robert Seiple, Steven Soter, Jeremy Stone, Peter Sturrock y Yervant Terzian.

También agradezco a mi agente literario, Morton Jankiow, y a los miembros de su personal sus sabios consejos; Ann Godoff y los demás encargados por el proceso de producción en Random House: Enrica Gadler, J. K. Lambert, y Kathy Rosenbloom; William Barnett por encargarse del manuscrito en las fases finales; Andrea Barnett, Laurel Parker, Karenn Gobrecht, Cindi Vita Voel, Ginny Ryan y Christopher Ruser por su ayuda; y al sistema de la Biblioteca de Cornell, incluyendo la colección de libros raros sobre misticismo y superstición recopilados originalmente por el primer presidente de la universidad, Andrew Dickson White.

Algunas partes de cuatro capítulos de este libro fueron escritas con mi esposa y antigua colaboradora Ann Druyan, que fue elegida secretaria de la Federación de Científicos Americanos, una organización fundada en 1945 por los científicos del «Proyecto Manhattan» original para supervisar el uso ético de la ciencia y la alta tecnología. También me ha ayudado con directrices, sugerencias y críticas sobre el contenido del libro y en todos los estadios de redacción en el curso de casi una década. De ella he aprendido más de lo que soy capaz de decir. Me reconozco afortunado de haber



encontrado una persona a la que admiro por sus consejos y juicio, su sentido del humor y visión valerosa y que es además el amor de mi vida.

# REFERENCIAS

(ALGUNAS CITAS Y SUGERENCIAS DE LECTURAS)

## Capítulo 1. LO MÁS PRECIADO

- Martín Gardner, «Doug Henning and the Giggling Gurú», *Skeptical Inquirer*, mayo-junio de 1995, pp. 9-11, 54. Daniel Kahneman y Amos Tversky, «The Psychology of Preferences», *Scientific American*, vol. 246 (1982), pp. 160-173. Ernest Mandel, *Trotsky as Alternative* (Londres, Verso, 1995), p. 110. Maureen O'Hara, «Of Myths and Monkeys: A Critical Look at Critical Mass», en Ted Schuitz, ed., *The Fringes of Reason* (véase más bajo), pp. 182-186.
- Max Perutz, *¿Es necesaria la ciencia?* (Madrid, Espasa-Calpe, 1990). Ted Schuitz, ed., *The Fringes of Reason: A Whole Earth Catalog: A Field Guide to New Age Frontiers, Unusual Beliefs & Eccentric Sciences* (Nueva York, Harmony, 1989). Xianghong Wu, «Paranormal in China», *Skeptical Briefs*, vol. 5 (1995), núm. 1, pp. 1-3, 14.
- J. Peder Zane, «Soothsayers as Business Advisers», *The New York Times*, 11 de septiembre de 1994, sec. 4, p. 2.

## Capítulo 2. CIENCIA Y ESPERANZA

- Albert Einstein, «On the Electrodynamics of Moving Bodies», pp. 35-65 (publicado originalmente como «Zur Elektrodynamik bewegter Körper», *Annalen der Physik* 17 [1905], pp. 891-921), en H. Lorentz, A. Einstein, H. Minkowski y H. Weyl, *The Principle of Relativity: A Collection of Original Memoirs on the Special and General Theory of Relativity* (Nueva York, Dover, 1923).
- Harry Houdini, *Mimele Mongers and Their Methods* (Buffalo, NY, Prometheus Books, 1981).

## Capítulo 3. EL HOMBRE DE LA LUNA Y LA CARA DE MARTE

- John Michell, *Natural Likeness: Faces and Figures, in Nature* (Nueva York, E. P. Dutton, 1979).

Cari Sagan y Paúl Fox, «The Cañáis of Mars: An Assessment after *Mariner 9*», *Icarus*, vol. 25 (1972), pp. 601-612.

#### **Capítulo 4. EXTRATERRESTRES**

E. U. Condón, *Scientific Study of Unidentified Flying Objects* (Nueva York, Bantam Books, 1969). Philip J. Klass, *Skeptics UFO Newsletter*, Washington, D. C., varios números. (Dirección: 404 «N» St. SW, Washington, D. C. 20024.)

Charles Mackay, *Extraordinary Popular Delusions and the Madness of the Crowds* (primera edición publicada en 1841) (Nueva York, Parrar, Straus y Giroux, 1932, 1974) (también, Nueva York, Gordon Press, 1991).

Curtis Peebles, *Watch the Skies!: A Chronicle of the Flying Saucer Myth* (Washington y Londres, Smithsonian Institution Press, 1994).

Dorald B. Rice, «No Such Thing as "Aurora"», *The Washington Post*, 27 de diciembre de 1992, p. 10. Cari Sagan y Thornton Page, eds., *UFO's - A Scientist Debate* (Ithaca, NY, Cornell University Press, 1972). Jim Schnable, *Round in Circles: Physicists, Postgeists, Pranksters and the Secret History of the Cropwatchers* (Londres, Penguin Books, 1994) (publicado por primera vez en Gran Bretaña por Hamish Hamilton en 1993).

#### **Capítulo 6. ALUCINACIONES**

K. Dewhurst y A. W. Beard, «Sudden Religious Conversions in Temporal Lobe Epilepsy», *British Journal of Psychiatry*, vol. 117 (1970), pp. 497-507.

Michael A. Persinger, «Geophysical Variables and Behavior: LV. Predicting the Details of Visitor Experiences and the Personality of Experiens: The Temporal Lobe Factor», *Perceptual and Motor Skills*, vol. 68 (1989), pp. 55-65.

R. K. Siegel y L. J. West, eds., *Hallucinations: Behavior, Experience and Theory* (Nueva York, Wiley, 1975).

#### **Capítulo 7. EL MUNDO POSEÍDO POR DEMONIOS**

Katherine Mary Briggs, *An Encyclopedia of Fairies, Hobgoblins, Brownies, Bogies, and Other Supernatural Creatures* (Nueva York, Pantheon, 1976), pp. 239-242. Thomas E. Bullard, «UFO Abduction Reports: The Supernatural Kidnap Narrative Returns in Technological Guise», *Journal of American Folklore* vol. 102, núm. 404 (abril-junio de 1989), pp. 147-170. Norman Cohn, *Los demonios familiares de Europa* (Madrid, Alianza, 1987).

Ted Daniel, *Millennial Prophecy Report*, The Millennium Watch Institute, P. O. Box 34201, Filadelfia, PA 19101-4021, varios números.

Edward Gibbon, *Historia de la decadencia y ruina del Imperio romano*, vol. I, 180 d. J.C.-395 d. J.C. (Madrid, Turner, 1984), pp. 410,361,432.

- Martín S. Kottmeyer, «Entirely Unpredisposed», *Magonia*, enero de 1990. Martín S. Kottmeyer, «Gauche Encounters: Badfilms and the UFO Mythos» (manuscrito no publicado).
- John E. Mack, *Nightmares and Human Conflict* (Boston, Little Brown, 1970), pp. 227, 228.
- Annemarie de Waal Malefijt, *Religión and Culture: An Introduction to Anthropology of Religión* (Prospect Heights, IL, Waveland Press, 1989) (publicado originalmente en 1968 por Macmillan), pp. 286 ss. Jacques Vallee, *Passport to Magonia* (Chicago, Henry Regnery, 1969).

## **Capítulo 8. SOBRE LA DISTINCIÓN ENTRE VISIONES VERDADERAS Y FALSAS**

- S.Ceci, M. L. Huffman, E. Smith y E. Loftus, «Repeatedly Thinking About a Non-Event: Source Misattributions Among Pre-Schoolers», *Consciousness and Cognition*, vol. 3, 1994, pp. 388-407.
- William A. Christian, Jr., *Apparitions in Late Medieval and Renaissance Spain* (Princeton, NJ, Princeton University Press, 1981).

## **Capítulo 9. TERAPIA**

- Anónimo, «Trial in Woman's Blinding Offers Chilling Glimpse of Hoodoo», *The New York Times*, 25 de septiembre de 1994, p.23.
- Ellen Bass y Laura Davis, *The Courage to Heal: A Guide for Women Survivors of Child Sexual Abuse* (Nueva York, Perennial Library, 1988) (segunda y tercera ediciones, 1993 y 1994).
- Richard J. Boyian y Lee K. Boyian, *Ciése Extraterrestrial Encounters: Positive Experiences with Mysterious Visitors* (Tigard, OR, Wild Flowers Press, 1994).
- Gail S. Goodman, Jianjian Qin, Bette L. Bottoms y Philip R. Shaver, «Characteristics and Sources of Allegations of Ritualistic Child Abuse», Informe final, Grant 90CA1405, para el Centro Nacional de Abuso y Negligencia Infantil, 1994.
- David M. Jacobs, *SecretLife: First-hand Accounts of UFO Abductions* (Nueva York, Simón and Schuster, 1992), p. 293.
- Carl Gustav Jung, Introducción a *The Unobstructed Universe*, de Stewart Edward White (Nueva York, E. P. Dutton, 1941).
- Kenneth V. Lanning, «Investigative Guide to Allegations of "Ritual" Child Abuse» (Washington, FBI, enero de 1992).
- Elizabeth Loftus y Katherine Ketcham, *The Myth of Repressed Memory* (Nueva York, St Martin's, 1994).
- Mike Males, «Recovered Memory, Child Abuse, and Media Escapism». *Extra!*, septiembre-octubre de 1994, pp. 10, 11.
- Ulric Neisser, discurso fundamental, «Memory with a grain of Salt», en la conferencia *Memory and Reality: Emerging Crisis*, Valley Forge, PA, según el FMS Foundation Newsletter (Filadelfia, PA), vol. 2, núm. 4 (3 de mayo de 1993), p. 1.

- Richard Ofshe y Etan Watters, *Making Monsters* (Nueva York, Scribner, 1994).
- Nicholas P. Spanos, Patricia A. Cross, Kirby Dixon y Susan C. Du-Breuil, «Cióse Encounters: An Examination of UFO Experiences», *Journal of Abnormal Psychology*, vol. 102 (1993), pp. 624-632.
- Rose E. Waterhouse, «Government Inquiry Decides Satanic Abuse Does Not Exist», *Independent on Sunday*, Londres, 24 de abril de 1994.
- Lawrence Wright, *Rémembering Satán: A Case of Recovered Memory and the Shattering of an American Family* (Nueva York, Knopf, 1994).
- Michael D. Yapko, *True and False Memories of Childhood Secual Trauma: Suggestions of Abuse* (Nueva York, Simón and Schuster, 1994).

### **Capítulo 10. UN DRAGÓN EN EL GARAJE**

- Thomas J. Flotte, Norman Michaud y David Pritchard, en *Alien Discussions*, Andrea Pritchard et al., eds., pp. 279-295 (Cambridge, MA, North Cambridge Press, 1994).
- Richard L. Franklin, *Overcoming the Myth of Self-Worth: Reason and Fallacy in What You Say to Yourself* (A.p.p\eton, WI, R. L. Franklin, 1994).
- Rübert Lindner, «The Jet-Propelled Couch», en *The Fifty Minute Hour: A Collection of True Psychoanalytic Tales* (Nueva York y Toronto, Rinehart, 1954).
- James Willwerth, «The Man from Outer Space», *Time*, 25 de abril de 1994.

### **Capítulo 12. EL SUTIL ARTE DE DETECTAR CAMELOS**

- George O. Abell y Barry Singer, eds., *Science and the Paranormal: Probing the Existence of the SupematUral* (Nueva York, Scribner's, 1981).
- Robert Basil, ed., *Not Necessarily the New Age* (Buffalo, NY, Prometheus, 1988).
- Susan Blackmore, «Confessions of a Parapsychologist», en Ted Schuitz, ed., *The Fringes of Reason*, pp. 70-74,
- Russell Chandier, *Understanding the New Age* (Dallas, Word, 1988).
- T. Edward Damer, *Attacking Faulty Reasoning*, segunda edición (Belmont, CA, Wadsworth, 1987).
- Kendrick Frazier, ed., *Paranormal Borderlands of Science* (Buffalo, NY, Prometheus, 1981).
- Martin Gardner, *The New Age: Notes of a Fringe Watcher* (Buffalo, NY, Prometheus, 1991).
- Daniel Goleman, «Study Finds Jurors Often Hear Eviáence with a Closed Mind», *The New York Times*, 29 de noviembre de 1994, pp.C-1.C-12.
- J. B. S. Haldane, *Fact and Faith* (Londres, Watts & Co., 1934). Philip J. Hilts, «Grim Findings on Tobáceo Made the 70's a Decade of Frustration» (incluyendo cuadro p. 12: «Top Scientists for Companies Saw the Perii»), *The New York Times*, 18 de junio de 1994, pp.1,12.

- Philip J. Hilts, «Danger of Tobacco Smoke is Said to Be Underplayed», *New York Times*, 21 de diciembre de 1994, D23.
- Howard Kahane, *Logic and Contemporary Rhetoric: The Use of Reason in Everyday Ufe*, 7.<sup>a</sup> ed. (Belmont, CA, Wadsworth, 1992).
- Noel Brooke Moore y Richard Parker, *Critical Thinking* (Palo Alto, CA, Mayfield, 1991).
- Graham Reed, *The Psychology of Anomalous Experience* (Buffalo, NY, Prometheus, 1988).
- Theodore Shick, Jr., y Lewis Vaughn, *How to Think About Weird Things: Critical Thinking for a New Age* (Mountain View, CA, Mayfield, 1995).
- Leonard Zusne y Warren H. Jones, *Anomalistic Psychology* (Hillsdale, NJ, Lawrence Erlbaum, 1982).

### **Capítulo 13. OBSESIONADO CON LA REALIDAD**

- Alvar Núñez Cabeza de Vaca, *Nafragios y comentarios* (Madrid, Espasa-Calpe, 1985)
- «Faith Healing: Miracle or Fraud», número especial de *Free Inquiry*, vol. 6, núm. 2 (primavera de 1986).
- Paúl Kurtz, *The New Skepticism: Inquiry and Reliable Knowledge* (Buffalo, NY, Prometheus Books, 1992).
- William A. Nolen, MD., *Healing: A Doctor in Search of a Miracle* (Nueva York, Random House, 1974).
- David P. Phillips y Daniel G. Smith, «Postponement of Death Until Symbolically Meaningful Occasions», *Journal of the American Medical Association*, vol. 263 (1990), pp. 1947-1951.
- James Randi, *The Faith Healers* (Buffalo, NY, Prometheus Books, 1989).
- James Randi, *Flimflam!: The Truth About Unicorns, Parapsychology & Other Delusions* (Buffalo, NY, Prometheus Books, 1982).
- David Spiegel, «Psychological Treatment and Cancer Survival», *The Harvard Mental Health Letter*, vol. 7 (1991), núm. 7, pp. 4-6.
- Charles Whitfield, *Healing the Child Within* (Deerfield Beach, FL, Health Communications, Inc., 1987).

### **Capítulo 14. ANTICIENCIA**

- Joyce Appleby, Lynn Hunt y Margaret Jacob, *Telling the Truth About History* (Nueva York, W. W. Norton, 1994).
- Monis R. Cohén, *Reason and Nature: An Essay on the Meaning of Scientific Method* (Nueva York, Dover, 1978) (primera edición publicada por Harcourt Brace en 1931).
- Gerald Holton, *Science and Anti-Science* (Cambridge, Harvard University Press, 1993), caps. 5 y 6.
- John Keane, *Tom Paine: A Political Ufe* (Bostón, Little, Brown, 1995).

Michael Krause, *Relativism: Interpretation and Confrontation* (South Bend, IN, University of Notre Dame, 1989).  
Harvey Siegel, *Relativism Refuted* (Dordrecht, Países Bajos, D. Reidel, 1987).

### **Capítulo 15. EL SUEÑO DE NEWTON**

Henry Gordon, *Channeling into the New Age* (Buffalo, NY, Prometheus, 1988).

Charles T. Tart, «The Science of Spirituality», en Ted Schuitz, ed., *The Fringes of Reason*, p. 67.

### **Capítulo 16. CUANDO LOS CIENTÍFICOS CONOCEN EL PECADO**

William Broad, *Teller's War." the Top-Secret Story Behind the Star Wars Deception* (Nueva York, Simón and Schuster, 1992).

David Holloway, *Stalin and the Bomb* (New Haven, Yale University Press, 1994).

John Passmore, *Science and Its Critics* (Londres, Duckworth, 1978).

Stockholm International Peace Research Institute, *SIPRI Yearbook 1994* (Oxford, Oxford University Press, 1994), p. 378. Cari Sagan, *Un punto azul pálido* (Barcelona, Planeta, 1995).

Carl Sagan y Richard Turco, *A Path Where No Man Thought: Nuclear Winter and the Ends of the Arms Race* (Nueva York, Random House, 1990).

### **Capítulo 17. UN MATRIMONIO ENTRE EL ESCEPTICISMO Y EL ASOMBRO**

R. B. Culver y P. A. Ianna, *The Gemini Syndrome: A Scientific Explanation of Astrology* (Buffalo, NY, Prometheus, 1984).

David J. Hess, *Science in the New Age: The Paranormal, Its Defenders and Debunkers, and American Culture* (Madison, WI, The University of Wisconsin Press, 1993).

Carl Sagan, «Objections to Astrology» (carta al editor), *The Humanist*, vol. 36, núm. 1 (enero-febrero de 1976), p. 2. Robert Antón Wiison, *The New Inquisition: Irrational Rationalism and the Citadel of Science* (Phoenix, Falcon Press, 1986).

### **Capítulo 18. EL VIENTO LEVANTA POLVO**

Alan Cromer, *Uncommon Sense: The Heretical Nature of Science* (Nueva York, Oxford University Press, 1993). Richard Borshay Lee, *The !Kung San: Men, Women and Work in a Foraging Society* (Cambridge, UK, Cambridge University Press, 1979).

## **Capítulo 19. NO HAY PREGUNTAS ESTÚPIDAS**

- Youssef M. Ibrahim, «Muslim Edicts Take on New Forcé», *The New York Times*, 12 de febrero de 1995, p. A14
- Catherine S. Manegoí, «U.S. Schools Misuse Time, Study Asserts», *The New York Times*, 5 de mayo de 1994, p. A21.
- «The Competitive Strength of U.S. Industrial Science and Techno-logy: Strategic Issues», informe del Comité Nacional de la Ciencia sobre Apoyo Industrial para Investigación y Desarrollo, Fundación Nacional de Ciencia, Washington, D. C., agosto de 1992.

## **Capítulo 21. EL CAMINO DE LA LIBERTAD**

- Walter R. Adam y Joseph O. Jeweil, «African-American Education Since An American Dilemma», *Daedalus* 124, 77-100, 1995.
- K. J. Larry Brown, ed., «The Link Between Nutrition and Cognitive Development in Children», Center on Hunger, Poverty and Nutrition Policy, Escuela de Nutrición, Tufts University, Medford, MA, 1993, y referencias allí dadas.
- Gerard S. Coles, «For Whom the Bell Curves», *The Bookpress* 5 (1) 8-9, 15, febrero de 1995.
- Frederick Douglass, *Autobiographies: Narrative of a Life, My Bondage & My Freedom, Life and Times*,
- Henry L. Gates, Jr., ed. (Nueva York, Library of América, 1994).
- León J. Kamin, «Behind the Bell Curve», *Scientific American*, febrerode 1995. pp.99-103.
- Tom Mciver, «The Protocols of Creationism: Racism, Anti-Semitism and White Supremacy in Christian Fundamentalism», *Skeptic*, vol. 2, núm. 4 (1994), pp. 76-87.

## **Capítulo 22. ADICTOS DEL SIGNIFICADO**

- Tom Gilovich, *How We Know What Isn't So: The Fallibility of Human Reason in Everyday Life* (Nueva York, Free Porest, 1991). «O. J. Who?» *New York*, 17 de octubre de 1994, p. 19.

## **Capítulo 23. MAXWELL Y LOS «BICHOS RAROS»**

- Richard P. Feynman, Robert B. Leighton y Matthew Sands, *The Feyn-man Lectures on Physics*, vol. II, *The Electromagnetic Field* (Reading, MA, Addison-Wesley, 1964). [Los párrafos citados aparecen en las páginas 18-2, 20-8 y 20-9.]
- Ivan Tolstoy, *James Clerk Maxwell: A Biography* (Chicago, University of Chicago Press, 1982) (publicado originalmente por Canongate Publishing Ltd., Edimburgo, 1981).



## Capítulo 24. CIENCIA Y BRUJERÍA

William Glaberson, «The Press: Bought and Sold and Grey All Over», *The New York Times*, 30 de julio de 1995, sección 4, pp. 1, 6.

Peter Kuznick, «Losing the World of Tomorrow: The Battie Over the Presentation of Science at the 1939 WorkTs Fair», *American Quarterly*, vol. 46, núm. 3 (septiembre de 1994), pp. 341-373.

Ernest Mandel, *Trotsky as Alternative*.

Rossel Hope Robbins, *The Enciclopedia of Witchcraft and Demono-logy* (Nueva York, Crown, 1959).

Jeremy J. Stone, «Conscience, Arrogation and the Atomic Scientists» y «Edward Teller: A Scientific Arrogator of the Right», FAS [Federación de Científicos Americanos], *Public Interest Repon*, vol. 47, núm. 4 (julio/agosto de 1994), pp. 1,11.

## Capítulo 25. LOS VERDADEROS PATRIOTAS HACEN PREGUNTAS

I. Bernard Cohén, *Science and the Founding Fathers* (Cambridge, Harvard University Press, 1995).

Clinton Rossiter, *Seedtime of the Republic* (Nueva York, Harcourt Brace, 1953).  
Extractado en Rossiter, *The First American Re-volution* (San Diego, Harvest).

J. H. Sloan, F. P. Rivera, D. T. Reay, J. A. J. Ferris, M. R. C. Pat, y A. L. Kellerman, «Firearm Regulations and Ratos of Suicide: A Comparison of Two Metropolitan Áreas», *New England Jour-nal of Medicine*, vol. 311 (1990), pp. 369-373.

«Post Script», *Conscience*, vol. 15, núm. 1 (primavera de 1994), p. 77.

## INDICE TEMÁTICO

---

- Abductions (Abducciones, Mack):* 173,204.
- Adams, John: 437,457,460.
- Adictos del significado: 401.
- Adriano I, papa: 111.
- Ady, Thomas: 44,45,140, 246,444.
- Afroamericanos:
- Baloncesto practicado por: 398.
  - Derechos civiles para: 463.
  - Educación: 356, 385, 386.
  - Esclavitud de: 383, 384, 385, 386, 391, 392,393,394.
  - The Bell Curve* sobre: 389.
- Age of Reason, The (La edad de la razón, Paine):* 286.
- Agencia Nacional de Seguridad (ANS), ovnis y: 106,107, 108. Agustín, san: 136,137,139,142.
- Alemania, brujas en: 439-443.
- Alfonso X el Sabio, rey de España: 164.
- Alien, Ethan: 281.
- Alucinaciones: 124-132, 151, 152, 187,192.
- Causas de las: 125,194.
  - Como problemas de la relación señal/ruido: 126,127.
  - Componente sexual de: 130.
  - De demonios: 130, 152.
  - En estado de vigilia: 127.
  - Extraterrestres como: 124, 128, 129, 131, 132, 149, 151. 173, 174, 194, 204,209,217,219,220.
  - Persecución de brujas y: 445.
- Álvarez, José Luis: 249, 250, 251, 252, 261,262,264,265.
- Ana, reina de Inglaterra: 25.
- Anemia por deficiencia de hierro: 388.
- Black, Hugo: 463, 465.
- Blackmore, Susan: 248.
- Blake, William: 292, 293, 303, 356, 357.
- Blum, Howard: 108.
- Blume, E. Sue: 269.
- Brockhoeft, John: 462.
- Bower, Doug: 94, 95.
- Boyian, Richard: 154.
- Appleby, Joyce: 285.
- Área 51: 114.
- Aristóteles: 136, 301, 336, 343,459.
- Armas nucleares: 27, 236, 309-316, 449 452.
- Consecuencias a largo plazo: 312-316.
  - Justificación: 315.
  - Presuntas advertencias de extraterrestres sobre: 121.
  - Tecnología de entrega eli misiles: 104.
  - Tratados sobre: 313,449,450.
- Arnold, Kenneth: 88, 89.
- Asociación Psiquiátrica Americana: 178, 179.
- Asteroides, la Tierra amenazada por: 76.
- Astrología: 36, 329, 330.
- Astronomía: 13, 14.
- Contribución de Mawxell a: 416, 417, 425,426.
  - Mujeres en: 412.
  - Preguntas acerca de: 358, 359, 360.
- Atlántida, leyenda sobre la: 20,21. *Aurora:* 114, 115. Awad, George: 377, 378.
- Bacon, Francis: 224, 234,236.
- Bailey, Frederick: *véase* Douglass, Frederick.
- Baloncesto: 398-401.
- Baker, Robert: 130.
- Bass, Ellen: 178, 269.
- Béisbol, rachas en: 400,401. *Bell Curve, The* (Hemstein y Murray): 389.
- Biología:
- Educación en: 370.
  - Museos y: 377.
  - Preguntas sobre: 358, 359, 360
- Brujas: 44. 137, 146, 148, 167, 180, 203, 274.
- Acusación y ejecución sistemática de: 138-144.
  - En el contexto político: 143,439.
  - Marcas del demomo en: 141.
  - Procesos contra: 140, 141.
  - Tortura de: 138-144,443,444.

- Von Spee sobre la persecución de: 439-445.
- Bullard, Thomas E.: 15L
- Cabell, C.B.: 103, 105.
- Cabeza de Vaca, Alvar Núñez: 256, 257, 258.
- Calidad de vida: 5, 27.
- Camelos: 269.  
 Detección de: 232-241, 245, 389, 400.  
 Y falacias lógicas y retóricas: 235-241.
- Cáncer:  
 Curación por fe: 257, 258, 259.  
 Preguntas sobre: 358, 359.  
 Relación entre fumar y: 239, 240.
- Tratamiento psíquico: 231.
- Candle in the Dark, A (Una vela en la oscuridad, Ady):* 44, 140, 444.
- Canalización: 225-228.  
 De información desde entidades no humanas: 227, 228.  
 El caso Carlos y: 249-252, 261-265.  
 Premisa fundamental de: 226.
- Carlos, el caso: 249-252, 261-266.
- Carroll, Charles: 393.
- Castilla, apariciones en: 163.
- Cautio Criminalis (Precauciones para los acusadores, Von Spee):* 439-443.
- Centro de Ciencia, Ithaca, Nueva York: 378, 379.
- Centro Nacional de Alfabetismo Familiar: 389.
- Chamanismo, mecánica cuántica comparada con el: 276.
- Chimpancés, habilidad para seguir pistas: 342.
- China, pseudociencia en: 35, 36, 39.
- Chorley, Dave: 94, 95.
- Christian Science (Ciencia cristiana, Twain):* 260.
- Christian, William A., jr.: 161, 166.  
 Cicerón: 280.
- Ciencia y científicos: 18-24, 272-277, 292-301, 410-416.  
 Afán de secreto en: 73, 109.  
 Analfabetismo en: 22, 23, 35, 44, 45, 350-353, 355, 363, 373.  
 Ambigüedad moral de: 315-318.
- Pecados de la: 309, 310.  
 Pensamiento en la: 45, 46, 47, 49, 51.  
 Pesada carga de: 322-324.
- Política y: 26-29, 45, 47, 57, 273-275, 288-290, 338, 361, 426-431, 449-452, 455-458, 461, 464-469.  
 Popularización de la: 39, 43, 56, 406, 435, 436.
- Cambios rápidos en la: 273.  
 Capacidad de predicción de: 48, 51.  
 Como crítica social: 449-452.  
 Como empresa personal: 282.  
 Como espada de doble filo: 28.  
 Como irracional o mística: 272.  
 Como lenguaje transnacional: 449.  
 Comparaciones entre historia y: 280.  
 Críticas en: 49-53.  
 Críticas de: 293-297, 299, 304, 310.  
 Cultura cazadora-recolectora y: 339-342.  
 Debate sobre ovnis en: 112, 113, 123, 124.  
 Defectos de: 28.  
 Einstein sobre: 18.  
 Emoción y asombro en: 20, 30, 47, 48, 357, 373-377.  
 En busca de inteligencia extraterrestre: 90, 91, 92, 111, 198, 199-201, 220, 423, 426-429, 431.  
 En la cultura comercial: 230, 281.  
 n la detección de camelos: 232-240.  
 En la Feria Mundial de Nueva York: 13, ... 435, 436.  
 En los medios de comunicación: 56-58, 356, 361, 362, 397-399, 401-407.  
 Enseñanza y estudio de: 335-337, 343, 347-351, 353-356, 367-374, 376-380, 389, 398-402, 452. Equilibrio entre pensamiento creativo y escéptico: 330-332.  
 Errores de: 254, 281-284, 337. .  
 Estándar de prueba: 85, 88.  
 Estereotipos de: 411-416.  
 Financiación de: 426-431.  
 Formación del autor: 11-15.  
 Formulación de hipótesis: 38, 46, 290.  
 Humildad en: 51, 53.  
 Mandamientos de: 47.  
 Método experimental en: 234, 254, 335-338, 353, 353, 455, 456, 466.  
 Método vs resultados de: 39.  
 Mujeres en la: 411, 412.  
 Museos de: 375-380.  
 Orígenes de la: 335-338, 341-344.
- Potencial de charlatanería en la: 254, 255.  
 Preguntas sobre: 19, 20, 348, 349, 357-360.  
 Pseudociencia vs: 30, 31, 33, 36, 38, 39, 56, 57, 61.  
 Reduccionismo en: 297-300.

- Religión y: 48, 284-286, 296, 300, 301, 304, 305, 323, 336-338, 343, 352, 362, 372, 376, 464.
- Revaluación de las teorías en: 161.
- Tendencias en la: 280, 281, 284-286.
- Teorías de comprobación en: 55, 56.
- Valor de: 47, 48, 49, 56, 57, 58, 363, 364, 414, 416. Y demonios: 135, 136.
- Y esperanza: 43-58.
- Y herramientas del escepticismo: 96.
- Cidonia: 71, 72.
- Ciencias sociales, formación en: 353.
- Círculos en los campos de cultivo: 92-96, 202, 227, 267, 326.
- Clemente de Alejandría: 229, 230.
- Comité de Actividades Antiamericanas: 274, 275.
- Comité de Investigación Científica de Declaraciones Paranormales (CSICOP): 325, 412.
- Communio* (Comunión, Strieber): 149, 153.
- Cómo debería escribirse la historia* (Luciano): 280.
- Comunicación por golpes con los espíritus: 267.
- Condón, Edward U.: 273, 274, 275;
- Conocimiento popular: 277, 278.
- Constitución de los Estados Unidos: 456, 459, 460, 461, 463, 465, 466.
- Copérmico, Nicolás: 351.
- Courage to Heal, The* (Bass y Davis): 178, 269.
- Crecimiento de la población: 27.
- Credo de los apóstoles: 110.
- Cromer, Alan: 335, 336, 343.
- CTA-102: 199, 200.
- Cuantificación, pensamiento escéptico y: 233.
- Cultos rituales satánicos: 179-186.
- Extraterrestres y: 181, 217, 218.
- Pruebas de abusos: 179, 203.
- Cultura comercial: El caso Carlos y: 261, 162.
- Importancia del dinero en: 397.
- Informaciones erróneas y evasivas de: 230, 231.
- Curación por la fe: 254-260, 265, 266, 303.
- Electromagnetismo: En el vacío: 419-423.
- Maxwell sobre: 54, 55, 416-425, 428.
- Presunta capacidad curativa del: 86, 87.
- Encyclopedia of Witchcraft and Demonology, The* (La enciclopedia de brujería y demonología, Robbins): 443, 444.
- Enfermedad: véase medicina.
- Efecto placebo en: 255, 256, 265, 276.
- El caso Carlos y: 262, 265.
- Historia de: 255-259.
- Dalai Lama: 304, 305.
- Darwin, Charles: 284-287, 292.
- Davis, Laura: 178, 269.
- Declaración de Derechos: 437, 438, 439, 460, 462-466.
- De Daemonialitate* (Sinistrari): 138, 142.
- «Décima Elegía» (Rilke): 212.
- Declaración de la Independencia: 458.
- Demonio/genio de Maxwell: 417.
- Demonios: 134-154, 214.
- Brujas y: 140, 141, 143.
- Como seductores sexuales: 137, 138, 139, 142, 144, 145.
- Culto satánico y: 180-183.
- Curación por fe y: 255, 256.
- En el mundo antiguo: 135, 136, 138.
- En la Edad Media: 137, 138.
- En la tradición talmúdica: 145.
- Escepticismo sobre: 148.
- Extraterrestres como: 135, 145, 148-151, 217-220.
- Filosofía del primer cristianismo sobre: 136-139, 144.
- Generados en la mente: 138, 139.
- Niños asustados por: 129, 130.
- Opinión pública sobre: 144.
- Visiones de: 161.
- Departamento de Educación de los Estados Unidos: 354, 386.
- Deporte, educación científica y: 398-401.
- Descartes, Rene: 285, 324.
- Deuteronomio: 110, 247.
- Dickens, Charles: 157.
- Donación de Constantino: 110, 111.
- Dossey, Larry: 258.
- Douglass, Frederick (Barley): 383-387.
- Después de escapar de la esclavitud: 392-394.
- Dr. Strangelove'*: 313.
- Druyan, Ann: 53, 387, 436, 447, 450.
- Einstein, Albert: 18, 51, 52, 55, 204, 274, 310, 338, 420, 421, 436, 449, 450.
- Escépticos y escepticismo: 13, 49, 62-66, 75-78, 193, 205, 213, 226, 232-240, 269, 323-332, 344.
- Críticas de: 326, 327, 328.
- De los terapeutas: 185, 186.
- El caso Carlos y: 249, 251, 262, 264-266.
- En el pensamiento científico: 45, 46, 49, 330-332.

En equilibrio con la credulidad de la antigüedad clásica: 146, 147, 148.  
 En la formación científica: 348. .  
 Herramientas de: 96, 232-239.  
 Investigación científica sobre extraterrestres: 201.  
 Jefferson sobre: 459, 460.  
 Límites al uso de: 324.  
 Medios de comunicación y: 77, 328,402,403.  
 Orígenes de: 335, 366.  
 Persecución de brujas: 445.  
 Política y: 231,448,463,465,466.  
 Religión y: 53, 303, 304, 338, 372.  
 Síndrome de nosotros contra ellos y;326.  
 Sobre abusos del culto satánico: 181,183,184.  
 Sobre recuerdos de abusos sexuales:178,179.  
 Sobre la magia: 193.  
 Sobre la pseudociencia: 22, 30-31, 34, 38,324-330.  
 Sobre la vida después de la muerte: 295.  
 Sobre los fenómenos psíquicos: 248.  
 Sobre los ovnis: 90, 91, 103.  
 Sobre presuntos contactos humanos con extraterrestres: 84, 202, 203.  
 Sobre visiones: 162, 167.  
 Y curación por fe: 254.  
 Y estereotipos: 412.  
 Y falacias lógicas y retóricas: 235-240.  
 Y financiación de la ciencia: 430.  
 Esclavos y esclavitud: 382-386, 391-394.  
 Analfabetismo y: 383-387, 391.  
 Douglass después de escapar de la: 392-394.  
 Esperanza, ciencia y: 43-58.  
 Espiritismo: *véase* canalización.  
 Espiritualidad: *véase* religión.  
 Esquizofrenia: 128, 152,215.  
 Estados Unidos:  
   Abusos de ritos satánicos en: 179.  
   Declive de: 44, 45.  
   Educación en: 350, 354, 367-374, 378-380,385,386,391.  
   Informes sobre abusos infantiles: 175.  
   Libertad en: 436-439,461,462. ,  
   Maccarthysmo en: 311.  
   Pobreza en: 389.  
   Procesos contra brujas en: 140,274.  
 Estereotipos: 411-416.  
   De los científicos: 412-416, 420, 422-426,429.  
 Evolución: 352, 357.  
 Ciencia ficción y: 404.  
 Museos y: 377.  
 Expectativa de vida: 26,27.  
 Experimento Ozma: 199.  
 Experimentos de doble ciego: 234, 255.  
*Extraños peregrinos* (García Márquez): 172.  
*Extraordinary Popular Delusions and the Madness ofCrowds (Engaños populares extraordinarios y la locura de la multi-tud*, Mackay): 85, 86.  
 Extraterrestres y vida extraterrestre: 68, 80-85.  
   Aspecto físico de: 153, 154.  
   Canalización de información de: 227,228.  
   Cartas al autor sobre: 213-222.  
   Círculos en los campos de cultivo y: 92,96,267,326.  
   Colonización de la Tierra: 73.  
   Como demonios: 135, 144, 148-151, . 217-220.  
   Culto satánico y: 180-182,217,,218.  
   De Marte: 67, 68, 70-75, 131,153.  
   En la Luna: 68,75.  
   Hadas como: 146-148.  
   Implantes en supuestos abducidos: 206,207.  
   Investigación científica sobre: 92, 111, 198-201,220,221,423,426-429,431.  
   Medios de comunicación sobre: 71-73, 75-77,82-85, 123, 168,169,198-201, 207,213,402-404.  
   Opinión pública sobre: 82-84, 131, 132.  
   Orígenes de dimensiones múltiples: 204.  
   Parálisis y: 130,131,215.  
   Preocupación por el bienestar de la Tierra entre: 121-123,227.  
   Presunta autopsia de: 207.  
   Presunta fecundación de mujeres por: 205,206.

Presuntos contactos con: 62, 81-85,100-104, 111, 112, 113, 120-124, 128-130,144-154,158-160,167-169,173-175, 179-181, 185, 188, 193-195, 198, 201-209, 213-219, 226, 267, 326,403.

Prueba de: 201-203,206-209,215,216, 220.

Randi y:253

Terapeutas y: 173-175, 178, 179, 185, 186, 188, 194, 198, 203-206, 221, 267. .

Visiones de: 158,160,161,167. Véase también Objetos voladores no identificados.

Falacia *ad hominem*: 235.

Falacia corto plazo vs largo plazo: 238.

Falacia de asumir la respuesta: 236.

Falacia de confusión de correlación y causa: 238.

Falacia de enumeración de circunstancias favorables: 235,236.

Falacia de exclusión del medio: 238.

Falacia de incomprensión de la naturaleza de la estadística: 237.

Falacia de inconsistencia: 237.

Falacia de la falsa dicotomía: 238.

Falacia de la media verdad: 239.

Falacia de la pregunta sin sentido: 237.

Falacia de la prueba suprimida: 239.

Falacia de la selección de la observación: 236,254.

Falacia de las estadísticas de números pequeños: 237.

Falacia de las palabras equívocas: 439.

Falacia de llamada a la ignorancia: 235.

Falacia de pedir la pregunta: 236.

Falacia del alegato especial: 236.

Falacia del argumento de consecuencias adversas: 235.

Falacia del argumento de autoridad: 235.

Falacia del hombre de paja: 238.

Falacia del terreno resbaladizo: 238.

Falacia *non sequitur*: 236.

Falacia *post hoc, ergo propter hoc*: 237, 257.

Falacias: 254, 258,400.

Pensamiento escéptico y: 235-240.

Fang Li-zhu: 449. Fantasmas: véase visiones.

Faraday, Michael: 51, 320, 417, 423-425

Fenómenos físicos y psíquicos: 231.

Actitudes escépticas hacia: 248,249.

Uso de las lecturas en frío por: 268.

Feria Mundial de Nueva York: 13, 435, 436.

Fermi, Enrico: 236,451,

*Head Start* (Programa de educación avanzado): 389.

Herejías: 143,217,464.

Feynman, Richard: 276,421-424.

Fiesta lunar de la cosecha relacionada con el índice de muertes: 259.

*Fifty-Minute Hour, The* (La hora de cincuenta minutos, Lindner): 195-198.

Física: 14, 54, 56.

Asimetrías en: 54, 55.

Contribución de Maxwell: 416,417.

Educación: 370, 371.

Reduccionismo en: 299.

Frankel,FredH.: 185,186.

Frankiin, Benjamín: 56, 87,252, 279, 457, 460.

Freud, Sigmund: 176.

Fuerza vital, noción: 298.

Fumar, correlación entre cáncer y: 239-241.

Ganaway, George: 159,182.

Garrison, William Lloyd: 392-394.

Genética:

En la Unión Soviética: 288.

Evolución y: 352.

Griegos sobre: 337.

Preguntas sobre: 359.

Reduccionismo en: 299.

Gibbon, Edward: 25, 146-148,279.

Gilkey, Langdon: 299, 300.

Gilovich, Thomas: 38,400-401.

Glenn, John: 68, 114.

Gobierno: véase política, ,

Gran Bretaña: 24,464

Armas nucleares de: 449.

Brujas en: 141,143,144,148.

Círculos en los campos de cultivo: 92, 96,267.

Estudios sobre el culto satánico en: 184.

Tecnología en: 414,415,423-425.

Grecia, desarrollo del pensamiento objetivo: 336-338,393.

*Guerra de las galaxias. La*: 404.

Hadas:

Como alucinaciones: 152.

Como extraterrestres: 146-148.

Relaciones sexuales entre humanos y: 146.

Haldane, J. B. S.: 228,298.

Consolación de: 229.

Haldane, J. S.: 298.

Hammond, Corydon: 184.

Herodoto: 343.

Hernstein, Richard J.: 389.

Hesíodo: 135, 137.

- Hess, David: 326, 327.  
 Hill, Betty y Barney: 122-124,130, 152.  
 Hipnosis: 186.  
   Aumento de la sugestión en: 158, 159.  
   Presuntas abducciones extraterrestres e: 158, 159,220.  
 Hipócrates de Cos: 24,25.  
 Hipótesis: 46, 290.  
   Comprobación de: 191-193.  
   En el pensamiento escéptico: 232, 233.  
   En pseudociencia vs ciencia: 38.  
*Hippolytus* (Eurípides): 308.  
 Historia: 278-281,456.  
   Comparaciones entre ciencia e: 280-282.  
   Jefferson como estudiante de: 458, 460.  
   Relatos favorecedores de la: 279.  
   Y formación de la opinión pública: 446, 447.  
*Historia de la decadencia y ruina del Imperio romano* (Gibbon): 146,147.  
*Histórica! Essay Concerning Witchcraft [Ensayo histórico sobre brujería,* Hutchinson): 445.  
 Hitler, Adolf: 34, 287.  
 Holocausto: 177, 184.  
 Hornero: 343.  
 Horóscopos: 268, 330. *How to Think About Weird Things* (Schick y Vaughn): 272.  
*How We Know What Isn't So (Cómo sabemos que no es así,* Gilovich): 38.  
 Hoyle, Fred: 282.  
 Hufford, David: 146.  
 Hulse, Russell: 52, 53.  
 Hume, David: 229, 230.  
 Hunt,Dave: 149.  
 Hunt, Lynn: 285.  
 Hussein, Saddam: 447.  
 Hutchins, Robert M.: 15.  
 Hutchinson, Francis: 445.  
 Huxley, Thomas Henry: 98, 230, 334.  
  
*I Am With You Always* (Sparrow): 167.  
 Industria del tabaco: 239, 240.  
 Ingram, Paúl: 182, 183.  
 Iniciativa de Defensa Estratégica (SDI) («guerra de las galaxias»): 112, 314.  
 Inocencio VIII, papa: 139-141.  
*In Search Of...:* 402.  
 Instituto Smithsonian: Museo de Historia Natural: 376.  
 Museo Nacional del Aire y del Espacio: 377.  
*Interrupted Journey, The (El viaje interrumpido,* Fuller): 124.  
 Inugpasujuk: 42.  
  
 Invierno nuclear: 312, 313, 315.  
  
 Jacob, Margaret: 285.  
 Jacobo I, rey de Inglaterra: 148.  
 Jefferson, Thomas: 437, 438, 457-463, 466.  
 Interés científico de: 457,458.  
 Jesús, apariciones de: 167, 168.  
 Jordán, Michael: 398, 399.  
 Juan Pablo II, papa: 167.  
 Juana de Arco: 142, 165.  
 Jung, Carl Gustav: 132, 208.  
  
 Kennedy, John F.: 76, 260.  
 Kepler, Johannes: 284, 338,429.  
 King, Martín Luther Jr.: 394.  
 Klass,PhilipJ.: 103,109.  
 Kramer, Henry: 139, 144.  
 Kubrick, Stanley: 313.  
 !Kung San (etnia), habilidades en la caza: 339,340,341.  
 Kunitz, Daniel: 353.  
  
 Landor, Walter Savage: 465.  
 Lanning, Kenneth V.: 178, 179, 180, 184.  
 Larson, Gary: 129.  
 Lawson, Alvin: 158, 159.  
 «Lazarus» (Heine): 346.  
 Lee, Richard: 339, 341.  
 Lenin, Vladimir Ilich Ulianov, *llamado:* 446.  
 Levin, Debbie: 378, 380.  
 Levine, lima: 378, 380.  
 Ley de Sedición: 438. LGM-1: 199.  
 Lidell, Umer: 102.  
 Lindner, Robert: 195, 196, 197, 198.  
 Loftus, Elizabeth: 159, 160.  
 Londres, epidemia de cólera en: 374.  
 Longevidad: 26, 27, 303.  
 Lorenzo de Valla: 110, 111.  
 Lourdes, «milagros» en: 257.  
 Lowell, Percival: 131, 132.  
 Lucas, evangelista: 150.  
 Lucrecio: 118, 336.  
 Luna:  
   El Hombre de la: 62,63,72,75.  
   Preguntas de los niños sobre la: 348,349.  
   Presuntas ruinas extraterrestres en la: 75.  
   Vida imaginada sobre la: 68,75.  
 Luz:  
   Maxweil sobre: 416,417,420,421.  
   En el vacío: 420,421.  
 Lysenko, Trofim: 288, 289, 290.  
  
 Mack, John:128,173,186,187,194,197,



198,203,204.  
 Mackay, Charles: 85, 86, 88,255.  
 Madison, James: 457,460,462,463.  
 Magia y magos: 218.  
 Cooperación tácita requerida por: 190, 192.  
 De cazadores-recolectores: 341, 342.  
 El caso Carlos y: 251, 252, 253, 261, 262.  
 Historias de abducción por extraterrestres y: 193.  
 Magnetismo: *véase* electromagnetismo.  
*Mago de Oz, El*: 266.  
 Maimónides, Mosé ibn Maymón, *llamado*: 247,305.  
*Malleus Maleficarum* (Kramer y Sprenger): 140, 144.  
 María, apariciones de la Virgen: 161-167.  
   En Lourdes: 257. Marte:78,283.  
   «Cara de»: 41, 62,93.  
 Presuntos extraterrestres de: 67, 70-75, 132,153.  
   Suelo de: 67, 70-75, 132.  
   Tempestades de polvo en: 71.  
 Matemáticas: 13-15.  
   De los griegos: 337.  
   Desconocimiento de: 23, 373.  
   Educación: 350,351,355,369-372, 390, 398,399.  
   En los medios de comunicación: 399.  
   Maxwell y: 417.  
   Preguntas sobre: 357, 358.  
 Materia: 294, 295,421,423.  
 Maxwell, James Clerk: 415-426, 428-431, 438.  
 Sobre electromagnetismo: 54, 417-425,428.  
 Sobre el estereotipo de científico: 416.  
 Mecánica cuántica: 273-276, 331, 417, 423.  
   Chamanismo comparado con: 276.  
 Mecanismo de reconocimiento de formas 64-68,70.  
 Medicina: 24-28.  
  
 Curanderos y: 254-260, 265.  
 En los medios de comunicación: 404.  
  
 Ética en: 278.  
 Financiación de la investigación y: 430.  
 Historia de la: 24, 25,26.  
 Museos y: 377.  
 Presunta capacidad curativa del magnetismo y:86,87.  
  
 Medios de comunicación: 44,238,269.  
 Baloncesto en: 398.  
 Ciencia en:56,58,356,362,397, 399, 402-407.  
 Educación y: 356, 371,378.  
 El caso Carlos y: 249-252, 261-266.  
 Escepticismo y: 77, 327, 338,403.  
 Historias inventadas por: 76, 77,78.  
 Importancia del dinero en: 397,404.  
 Maxwell y: 425.  
 Opinión pública y: 405,446,448.  
 Poder de:405. Pseudociencia en: 19-22, 30-33, 325, 402,403,404,406.  
 Randi y:254.  
 Sobre la vida extraterrestre: 71-76, 81-84,123,168,169,198,200,213,403, 404.  
 Sobre los círculos en campos de cultivo: 93,94,95.  
 Sobre ovnis: 85, 88, 99, 103, 119, 120, 149,152.  
   Sobre *The Bell Curve*: 389.  
   Y búsqueda de atención: 168,169.  
   Y visiones verdaderas y falsas: 160.  
 Meditación trascendental: 33, 36.  
 Mesmer, Franz: 86, 87,417.  
 Metafísica, física vs.: 55,56.  
 Michell, John: 65, 66.  
*Micromegas: una historia filosófica* (Voltaire): 80.  
 Mill, John Stuart: 463.  
 MJ-12, documentos: 109, 110,111, 207.  
 Monedas al aire, rachas: 400,401.  
 Monstruos: *véase* demonios.  
 Mortalidad infantil: 24, 25, 26.  
 Muerte/muertos: 24, 25, 26.  
 De niños: 24, 25, 26. Y fiesta lunar de la cosecha: 259.  
 Y longevidad: 27, 303. *Véase también* vida después de la muerte; canalización.  
 Muller, Hermann J.: 288,289.  
 Murray, Charles: 389.  
 Museo Americano de Historia Natural: 275. Museos: 375-380.  
 Negus, George: 251, 262.  
 Neisser, Ulric: 176.  
 Newton, Isaac: 51, 297,338,428.  
   Críticas de: 285.  
   Sueño de: 292, 293;  
 Newton, Silas: 90.  
 Nietzsche, Friedrich: 29.  
 Niños:  
   Abusos sexuales: 174-179,181-187,193,214,269.  
   Educación de: 344, 347-350, 352-356, 367-374,375-380,384-390,466.  
   En museos de ciencias: 375-378.  
   Esclavitud: 383-386.  
   Medios de comunicación y: 238, 397, 401,405.  
   Monstruos vistos por: 128,129, 130.

- Nutrición de: 387, 388, 389,  
Sueños de: 128-130.  
Visiones: 162.  
Vulnerables a la sugestión: 160.
- Nixon, Richard M.: 128, 274.  
Nolen, William: 258, 265.  
*Nova*: 405.  
Números: 12, 13.  
Nye, Bill: 405.
- Obasi, Myra: 181.
- Objetos voladores no identificados (ovnis):  
30, 65, 99-115, 119-125.  
ANS y: 106, 107, 108.  
*Aurora*: 114-115.  
Como argucia del enemigo: 104-108.  
Debates científicos sobre: 112,  
113, 123, 124.  
En el accidente de Roswell (Nuevo Mé-  
xico): 102, 103, 108, 109.  
Entusiasmo por: 119, 120. Falacias  
lógicas y retóricas sobre: 235.  
Fotografías falsas de: 90, 202, 203.  
Globos militares tomados por: 102.  
Investigaciones militares de: 100-  
109, 111, 112, 114, 115, 121.  
Jung sobre: 208, 209.  
Medios de comunicación sobre: 85, 88,  
100, 103, 119, 120, 149, 152, 153. MJ-12,  
documentos sobre: 109-111, 207.  
Política y: 91, 100, 103-109, 111, 112,  
114, 188, 220.  
Pruebas de la existencia de: 85, 88.  
Supuesta visión de: 88-91, 99-106, 107-  
109, 111, 112, 114, 115, 121-123, 128, 148,  
159, 200-203, 219, 220, 273. Véase  
*también* extraterrestres y vida  
extraterrestre.
- Ofshe, Richard: 177, 183.  
Ondas de radio: 423, 424, 425.  
Ondas gravitacionales: 52.  
Oppenheimer, J. Robert: 309, 311.  
Oración: 302, 303.  
Orweil, George: 446.  
*Out There* (Blum): 108-109.
- Pablo, san; 136, 247.
- Paine, Thomas: 229, 230, 286.  
*Parade*: 213, 216, 367.  
Parálisis:  
Abuso sexual en la infancia y: 175.  
Curación por fe de: 259.  
Extraterrestres y: 130, 131, 215.  
Parapsicología, efecto observador en: 266.  
Passmore, John: 310, 362.  
Pauling, Linus: 449, 450.  
Pensamiento crítico: véase escépticos y es-  
cepticismo.  
Percepción extrasensorial (ESP): 293; 328.  
Pío IX, papa: 257.  
Placebos y efecto placebo:  
Comparación de la eficacia de  
fármacos con: 255.  
Curación por fe: 254-257, 265, 276.  
Platón: 21-23, 336, 343, 359.  
Demonios y: 135, 136, 145.  
Plomo, envenenamiento: 388.  
Pobreza: 386-391.  
Analfabetismo y: 386, 387, 388-390.  
Nutrición y: 387, 388. Polinesios,  
habilidad en la navegación: 342.  
Política: 239, 269, 423, 454-466.  
Analfabetismo y: 24, 386..  
Armas nucleares y: 312-316.  
Brujas y: 143, 439-445.  
Ciencia y: 27, 28, 45, 48, 57, 273-275,  
288-290, 337, 361, 372, 427, 431,  
449-452, 455-459, 461, 463, 464.  
Curación por fe y: 255, 256, 266.  
Demonios y: 137, 144, 145.  
Educación y: 389, 391, 452, 459» 466.  
En la Unión Soviética: 436.  
Escepticismo y: 232, 448, 464, 466.  
Esclavitud y: 383, 392.  
Espiritualidad y: 295.  
Extraterrestres y: 83, 84, 132, 218.  
Magia y: 253.  
Maxwell y: 425.  
Mecanismo de corrección de errores  
en: 455, 456.  
Medios de comunicación y: 403, 405,  
446.

- Nutrición y: 388.  
 Ovnis y: 91, 100, 103-109, 111, 112, 114,115,188,220.  
 Pseudociencia y: 32-36, 38,39. SETI y: 426, 427.  
 Y formación de la opinión pública: 446- 448.  
 Y subversión de la Declaración de Derechos: 437-439.  
 Y visiones verdaderas vs falsas: 161,162,165-168.
- Price, Richard: 206, 207.  
 Priestley, Joseph: 298,438.  
 Proxmire, William: 429.  
 Proyecto (SETI) de búsqueda de inteligencia extraterrestre: 221,426-429.  
 Proyecto Libro Azul: 100, 101.  
 Proyecto Manhattan: 236, 309,451.  
 Proyecto Mogul: 102,104.  
 Proyecto Westminster: 425.  
 Pseudociencia: 22,30-39,44,253,290,296.  
 Ciencia vs: 30, 31, 33, 36, 38,39,56,57, 61.  
 Deseo de que sea así en: 31, 32.  
 Educación científica y: 352.  
 Ejemplos globales de: 32-36, 39.  
 En los medios de comunicación: 19-21, 30-33,36,325,402-404,406,407.  
 Escrutinio escéptico de: 22, 30, 31, 34, 38,324-330.  
 Falta de pruebas en: 247-249.  
 Ofrecimientos típicos de: 245,246.  
 Popularidad de: 31.  
 Religión y: 32-35, 36-38, 78, 246, 247.  
 Sobrenatural vs: 249.  
 Y búsqueda científica de extraterrestres: 198.
- Ptolomeo: 330, 352.  
 Pueblos cazadores-recolectores, pensamiento objetivo en: 339-344.  
 Pulsar: 52,199.
- Quásar: 199, 357.  
 Química:  
 Contribución de Pauling: 449,450.  
 Educación: 350, 370, 371.  
 Preguntas sobre: 358, 359,360.  
 Reduccionismo en: 299.
- Quinina, descubrimiento de la: 277, 278.
- Radar: 423.  
 Randi, James “el asombroso”:253, 254  
 El caso Carlos y : 261,262, 266  
 Rasero de Occam :233
- Reason and Nature (Razón y Naturaleza, Cohén): 277.*  
 Reduccionismo: 297-300.  
 Reencarnación: 226, 304.  
 Religión: 29, 46, 206, 228-231, 269, 276,323.  
 Alucinaciones y: 126.  
 Ambigüedad moral y: 317.  
 Brujas y: 139-144,439,441-445.  
 Capacidad de predicción de: 49.  
 Ciencia y: 48, 284-286, 296, 301, 303-305, 323, 336-338, 343, 351, 352, 362,372,376,464.  
 Comprobación de creencias de: 53.  
 Cultos rituales satánicos y: 179-184.  
 Curanderos y: 252-260.  
 Demonios y: 135-139, 144, 145, 148-150.  
 Douglass sobre: 393.  
 En la Unión Soviética: 436.  
 Esclavitud y: 383, 384,392-394.  
 Humildad en: 53.  
 Magia y: 253.  
 Materia y: 293-295.  
 Mecanismo de reconocimiento de formas y:65,67.  
 Noción de la fuerza vital en: 298.  
 Oración en: 302, 303.  
 Ovnis y: 148-151.  
 Paine sobre: 286.  
 Política y: 456,457,458,461-465.  
 Pseudociencia y: 32-35, 36, 38, 77, 246, 247.  
 Reduccionismo y: 300.  
 Sobre la vida después de la muerte: 228, 295.  
 Supuestas abducciones por extraterrestres y: 216-221.  
 Visiones y: 157, 161-168,208.
- Remembering Satán (Wright): 182.*  
 Represión: 176, 177, 179.  
 Rilke, Rainer Maria: 212.  
 Robbins, Rossell Hope: 443,444.  
 Rossiter, Clinton: 457,464,465.  
 Roswell, Nuevo México, presunto accidente de platillos volantes cerca de: 102, 103, 104, 108, 109.
- Rusia:  
 Pseudociencia en: 34, 38, 39.  
*Véase también* Unión Soviética.  
 Russell, Bertrand: 320.
- Saddharmapundarika:* 366,  
 Sajarov, Andrei: 290,312,314,449.

Reagan, Ronald: 36,160,239,314,410.

- Salud: véase medicina.
- Scandal in Bohemia*, A (*Escándalo en Bohemia*, Doyle): 172.
- Schnabel, Jim: 95, 227.
- Science and Its Critics (La ciencia y sus críticos*, Passmore): 31
- Science and the New Ages (Ciencia y la Nueva Era*, Hess): 326, 327.
- Segunda ley de termodinámica: 359, 399.
- Shaver, Richard: 65, 91.
- Silvestre I, papa: 110.
- Simón, Benjamín: 122, 130.
- Sinistrari, Ludovico: 138, 142.
- Sirio, estrella compañera de: 360.
- Sistema legal: 321, 322, 463.
- Sistema solar:
- Modelo de mecanismo de relojería: 297.
- Preguntas sobre: 358.
- Sociedades pre-agrarias, actividades para conseguir alimento: 339-343.
- Sócrates: 135,324,343.
- Sparrow, G. Scott: 167, 168.
- Spee, Friedrich von: 439-444.
- Sprenger, James: 139, 144. *Sputnik I-90*.
- Stalin, Iósiv V. D., *llamado*: 288,289, 311, 435,446,447.
- Star Trek*: 403, 404. ;
- Strieber, Whitley: 149, 153.
- Supercolisionador Superconductor (SSC): 429.
- Superstición: véase pseudociencia.
- Szilard, Leo:310,449,451.
- Tart, Charles: 293. *Teachings of Carlos, The (Las enseñanzas de Carlos, Álvarez y Randi)*: 263, 264.
- Teale, Edmund Way: 29.
- Tecnología:43,44,56,101,309,316,323, 343,437,450.
- Ambigüedad ética de los adelantos de la: 402.
- Analfabetismo científico y: 24.
- Beneficios de la: 416.
- De la Atlántida:21.
- De la Edad de Piedra: 347.
- Discreción en: 287.
- Efectos de la: 27, 28, 281.
- En Gran Bretaña: 414-416,423-425.
- En la Feria Mundial de Nueva York: 13.
- Extraterrestres y: 195, 202, 207, 208, 218.
- Financiación gubernamental de: 427, 428.
- Formación científica: 355,372.
- Formación de la opinión pública y: 446.
- Ignorancia de la: 44.
- Medios de comunicación y: 399,404.
- Museos y:376, 377.
- Ovnis y: 101, 106,109,148.
- Política y: 428, 463.
- SETI y: 426,427.
- Tectónica de placas: 329.
- Telepatía: 216, 220, 248, 249.
- Televisión: véase medios de comunicación.
- Teller, Edward: 310-315, 451.
- Teoría de la relatividad especial: 52, 55, 331,421.
- Teoría de la relatividad general: 52, 204.
- Teoría de todas las cosas: 430.
- Terapeutas y terapia: 173-188.
- Abusos del culto satánico y: 182, 184-187.
- Como co-conspiradores en los delirios de los pacientes: 196, 197.
- El tema de la abducción por extraterrestres y: 173-175, 179, 185, 188, 194, 197,198,203-206,221,267.
- Falta de escepticismo: 186.
- Psicosis: 195.
- Represión y: 176-179.
- Víctimas de abusos sexuales y: 174, 178,185,186,187,193,269.
- Y el caso Carlos: 250, 251.
- Teresa de Ávila, santa: 145.
- Terror That Comes in the Night, The (El terror que se presenta por la noche*, Hufford): 146.
- Thomas, J. Pamell: 274.
- Tomás de Aquino, santo: 144, 301.
- Trostki, Liev D. B-, *llamado*: 34,447.
- Truman, Harry: 109, 274, 309.
- Tucidides: 280, 343, 459.
- Twain, Mark: 260.
- Tyndale, William:143.
- Uncommon Sense (Sentido poco común*, Cromer): 335, 336.
- Unión Soviética: 436.
- Armamento nuclear de: 27, 311, 315, 449.
- Colapso de: 314.
- Genética en: 288-290.
- Ovnis como argucia de: 105-107.
- Revolución comunista en: 446,447.
- Véase también Rusia.
- Universidad de Chicago, estudios del autor en la: 15.
- Universo:
- Edad del: 29,331.
- Exposiciones en museos sobre el: 377.
- Modelo de relojería del: 297.
- Reduccionismo: 300.
- Vida después de la muerte: 228.

*Upansadde Isa, El*: 134.  
Urey, Harold C.: 282,436,451.

Valle, Jacques: 148.

Vavilov, N. I.: 288.

Venus:

Imágenes de la superficie de: 69,426.

Presión atmosférica de: 282.

Supuestos extraterrestres de: 90, 122, 132.

Vía Láctea, galaxia: 30, 69.

*Viaje nocturno* (Du Fu): 60.

Victoria, reina de Inglaterra: 414,415,425.

Vida después de la muerte: 225, 226, 227, 228.

Canalización y: 226,227.

Estadísticas: 228.

Evidencia de: 226,227.

Religión y: 228, 295.

Vida Sana, exposiciones: 231.

Violaciones: 174,175.

Abducidos por extraterrestres comparados con víctimas de: 217.

Astrales: 221.

Pruebas de: 215.

Visiones:

Al despertar del sueño: 164

De alienígenas: 158,160,167,168.

De campesinos: 161-163,165,166.

Detalles ausentes de: 164. En los tiempos modernos: 167, 168.

Mediatizadas por la cultura: 157,158.

Motivos para la invención y aceptación de: 163,168.

Pruebas de:161-165,167,168,208.

Religión y: 158, 161-168,208.

Verdad vs falsedad: 157-169.

Voltaire, Francois-Marie Arouet, *llamado*:80.

Wang Hongcheng:35.

Washington, Georges: 410.

Wegener, Alfred: 329.

Wells.H.G.: 153.

West,LouisJ.: 126.

Whitehead, Alfred North: 338.

Wood,RobertW.:55,56.

Wright, Lawrence: 182.

*X Files, The (Expediente X)*: 403.

Yogi, Maharishi Mahesh: 33.

Zuckennan, Solly: 93.

Carl Sagan

**CARL SAGAN**  
UN PUNTO AZUL PÁLIDO  
UNA VISIÓN DEL FUTURO HUMANO EN EL  
ESPACIO

Traducción de Marina Widmer Caminal  
Editorial PLANETA  
ISBN 8408016458  
Cuarta edición: Noviembre de 2003

Un punto azul pálido. Una visión del futuro humano en el espacio.

PARA SAM  
OTRO NÓMADA.  
DESEO QUE SU GENERACIÓN PUEDA VER  
MARAVILLAS INIMAGINABLES

# NÓMADAS INTRODUCCIÓN

Pero decidme, ¿Quienes son esos nómadas?  
RAINER MARIA RILKE << LA QUINTA ELEGIA >> (1923)

Fuimos nómadas desde los comienzos. Conocíamos la posición de cada árbol en cien millas a la redonda. Cuando sus frutos o nueces habían madurado, estábamos allí. Seguíamos a los rebaños en sus migraciones anuales. Disfrutábamos con la carne fresca, con sigilo, haciendo amagos, organizando emboscadas y asaltos a fuerza viva, cooperando unos cuantos conseguíamos lo que muchos de nosotros, cazando por separado, nunca habríamos logrado. Dependíamos los unos de los otros. Actuar de forma individual resultaba tan grotesco de imaginar como establecernos en lugar fijo. Trabajando juntos protegíamos a nuestros hijos de los leones y las hienas. Les enseñábamos todo lo que iban a necesitar. También el uso de las herramientas. Entonces, igual que ahora, la tecnología constituía un factor clave para nuestra supervivencia.

Cuando la sequía era prolongada o si un frío inquietante persistía en el aire veraniego, nuestro grupo optaba por ponerse en marcha, muchas veces hacia lugares desconocidos. Buscábamos un entorno mejor. Y cuando surgían problemas entre nosotros en el seno de la pequeña banda nómada, la abandonábamos en busca de compañeros más amistosos. Siempre podíamos empezar de nuevo.

Durante el 99,9% del tiempo desde que nuestra especie inició su andadura fuimos cazadores y forrajeadores, nómadas moradores de las sabanas y las estepas. Entonces no había guardias fronterizos ni personal de aduanas. La frontera estaba en todas partes. Únicamente nos limitaban la tierra, el océano y el cielo; y, ocasionalmente, algún vecino hostil.

No obstante, cuando el clima era benigno y el alimento abundante estábamos dispuestos a permanecer en lugar fijo. Sin correr riesgos. Sin sobrecargas. Sin preocupaciones. En los últimos diez mil años –un instante en nuestra larga historia– hemos abandonado la vida nómada. Hemos domesticado a animales y plantas. ¿Por qué molestarse en cazar el alimento, cuando podemos conseguir que éste acuda a nosotros?

Con todas sus ventajas materiales, la vida sedentaria nos ha dejado un rastro de inquietud, de insatisfacción. Incluso tras cuatrocientas generaciones en pueblos y ciudades, no hemos olvidado. El campo abierto sigue llamándonos quedamente,



como una canción de infancia ya casi olvidada. Conquistamos lugares remotos con cierto romanticismo. Esa atracción, sospecho, se ha ido desarrollando cuidadosamente, por selección natural, como un elemento esencial para nuestra supervivencia. Veranos largos, inviernos suaves, buenas cosechas, caza abundante; nada de eso es eterno. No poseemos la facultad de predecir el futuro. Los eventos catastróficos están al acecho, nos cogen desprevenidos. Quizá debamos nuestra propia existencia, la de nuestra banda o incluso la de nuestra especie a unos cuantos personajes inquietos, atraídos por un ansia que apenas eran capaces de articular o comprender hacia nuevos mundos y tierras por descubrir.

Herman Melville, en *Moby Dick*, habla en favor de los aventureros de todas las épocas y latitudes: «Me agita una atracción permanente hacia las cosas remotas. Adoro surcar mares prohibidos...»

Para los antiguos griegos y romanos, el mundo conocido comprendía Europa, y unas Asia y África limitadas, rodeadas de un mundo oceánico infranqueable. Los viajeros podían toparse con seres inferiores, a los que llamaban bárbaros, o bien con seres superiores, que eran los dioses. Todo árbol poseía su dríade\* toda región, su héroe legendario. Pero no había muchos dioses, al menos al principio, quizá sólo unas cuantas docenas. Habitaban en las montañas, bajo la superficie de la tierra, en el mar o ahí arriba, en el cielo. Enviaban mensajes a los hombres, intervenían en los asuntos humanos y se cruzaban con nuestra especie.

Con el paso del tiempo, cuando el hombre descubrió su capacidad para explorar, empezaron las sorpresas: los bárbaros podían ser tan ingeniosos como los griegos y los romanos. África y Asia eran más extensas de lo que nadie había imaginado. El mundo oceánico no era infranqueable. Existían las antípodas. También se supo de tres nuevos continentes, que habían sido colonizados por los asiáticos en tiempos pasados sin que tales noticias alcanzaran nunca a Europa. Por otra parte, los dioses resultaban decepcionantemente difíciles de encontrar.

La primera migración humana a gran escala del Viejo Mundo al nuevo se produjo durante el último periodo glacial, unos 11500 años atrás, cuando las crecientes capas de hielo polar rebajaron la profundidad de los océanos e hicieron posible el traslado por terreno sólido desde Siberia hasta Alaska. Mil años después llegábamos a Tierra del Fuego, la punta más al sur de Sudamérica. Mucho antes que Colón, argonautas indonesios en canoas con balancín exploraron la parte occidental del Pacífico; oriundos de Borneo se establecieron en Madagascar; egipcios y libios circunnavegaron África; e incluso hubo una gran flota de juncos de alta mar, perteneciente a la dinastía china Ming, que cruzó el océano Índico, estableció una base en Zanzíbar, rodeó el cabo de Buena Esperanza y penetró en el océano Atlántico.

«En cuanto a la fábula de que existen antípodas — escribió san Agustín en siglo V —, es decir, personas en el extremo opuesto de la Tierra, donde el sol sale cuando se

---

\* «Ninfa de los bosques, cuya vida duraba lo que el árbol a que se suponía unida», definición de Julio Casares. (N. de la t.)

pone para nosotros y cuyos habitantes caminan con los pies opuestos a los nuestros, no es creíble en modo alguno. Incluso en el caso de que allí existiera una gran masa de tierra desconocida y no sólo océano, únicamente hubo una pareja de antepasados originales, y es de todo punto inconcebible que regiones tan distantes pudieran ser pobladas por los descendientes de Adán.»

Entre los siglos XV y XVII, barcos de vela europeos descubrieron nuevos continentes (nuevos, claro está, para los europeos) y circunnavegaron el planeta. En los siglos XVIII y XIX, exploradores americanos y rusos, mercaderes y colonos rivalizaron en su carrera por este y oeste, a través de dos vastos continentes hacia el Pacífico. Este entusiasmo desenfrenado por explorar y explotar, con independencia de lo irreflexivos que fueran quienes lo materializaron, entraña un claro valor de supervivencia. No se circunscribe a ninguna nación o grupo étnico concreto. Remite a un don que compartimos todos los miembros de la especie humana.

Desde el momento en que surgimos, hace unos cuantos millones de años en el este de África, hemos ido forjando nuestro camino a través del planeta. Hoy hay gente en todos los continentes, en la isla más remota, de polo a polo, desde el Everest hasta el mar Muerto, en las profundidades del océano e incluso, ocasionalmente, puede haber humanos acampados a trescientos kilómetros cielo arriba, como los dioses de la antigüedad.

En los tiempos que corren parece que ya no queda nada por explorar, al menos en el área terrestre de nuestro planeta. Víctimas de su notable éxito, hoy en día la gran mayoría de los exploradores prefieren quedarse en casa.

Importantes migraciones de población – algunas voluntarias, pero la mayoría no – han modelado la condición humana. Hoy son mucho más numerosas las personas que se ven obligadas a huir de la guerra, la represión y la hambruna que en ningún otro periodo de la historia humana. Y dado que el clima de la Tierra va a cambiar en las próximas décadas, es muy probable que aumenten extraordinariamente las cifras de refugiados medioambientales. Siempre acudiremos a la llamada de lugares más propicios. Las mareas humanas continuarán creciendo y menguando alrededor del planeta. Sin embargo, los países que han de acogernos hoy en día ya están poblados. Otras personas, a menudo poco comprensivas con nuestra situación, han llegado allí antes que nosotros.

A fines del siglo XIX, Leib Gruber crecía en algún lugar de la Europa central, en un humilde pueblo perdido en el inmenso y políglota antiguo Imperio austrohúngaro. Su padre vendía pescado cuando podía. Pero los tiempos eran difíciles. De joven, el único empleo honesto que Leib fue capaz de encontrar consistía en ayudar a la gente a cruzar el cercano río Bug. El cliente, ya fuera hombre o mujer, montaba a espaldas de Leib; calzando sus queridas botas, las herramientas de su trabajo, el muchacho vadeaba el río por un tramo poco profundo con el cliente a cuestas y dejaba a su pasajero en la orilla opuesta. En ocasiones el agua le cubría hasta la cintura. Allí no había un solo puente, ni tampoco ferrys. Quizá los caballos podían haber servido para ese fin, pero tenían

otros usos. Ese trabajo quedaba para Leib y otros chicos jóvenes como él.

Ellos no tenían otros usos. No había otro trabajo disponible. Así pues, deambulaban por la orilla del río anunciando sus precios y alardeando ante potenciales clientes de su superioridad como porteadores. Se alquilaban a sí mismos como animales cuadrúpedos. Mi abuelo era una bestia de carga.

Dudo mucho que, en toda su existencia, Leib se hubiera alejado más de cien kilómetros de Sassow, el pequeño pueblo que le vio nacer. Pero entonces, en 1904, según cuenta una leyenda familiar, a fin de evitar una condena por asesinato decidió de repente huir al Nuevo Mundo, dejando tras de sí a su joven esposa. Qué distintas de aquella atrasada aldea hubieron de parecerle las grandes ciudades portuarias alemanas, qué inmenso el océano, qué extraños los altísimos rascacielos y el frenético ajeteo de su nuevo hogar. Nada sabemos de su viaje transoceánico, pero encontramos la lista de pasajeros correspondiente al trayecto cubierto con posterioridad por su esposa, Chaiya, que fue a reunirse con Leib en cuanto hubo conseguido ahorrar lo suficiente. Viajó en la clase más económica a bordo del *Batavia*, un buque registrado en Hamburgo. En el documento se aprecia una concisión que, en cierto modo, parte el corazón: «¿Sabe leer o escribir?» «No.» «¿Habla inglés?» «No.» «¿Cuánto dinero lleva?» Me imagino lo vulnerable y avergonzada que debió de sentirse al responder: «Un dólar.»

Desembarcó en Nueva York, se reunió con Leib, vivió el tiempo suficiente para dar a luz a mi madre y a mi tía y luego murió a causa de «complicaciones» del parto. Durante esos pocos años en América, en algunas ocasiones habían adaptado su nombre al inglés y la llamaban Clara. Un cuarto de siglo después, mi madre puso a su primogénito, un varón, el nombre de la madre que nunca llegó a conocer.

Nuestros antepasados lejanos, observando las estrellas, descubrieron cinco que no se limitaban a salir y ocultarse en imperturbable progresión, como hacían las llamadas estrellas «fijas». Esas cinco presentaban un movimiento curioso y complejo. En el transcurso de los meses parecían avanzar despacio entre las demás estrellas. A veces ejecutaban rizos. Hoy las llamamos planetas\*, la palabra griega para designar a los nómadas. Era, me imagino, una peculiaridad que nuestros antepasados podían relacionar.

Hoy sabemos que los planetas no son estrellas, sino otros mundos, gravitacionalmente ligados al Sol. Cuando estábamos completando la exploración de la Tierra, empezamos a reconocerla como un mundo entre una incontable multitud de ellos, que giran alrededor del Sol o bien orbitan alrededor de los demás astros que conforman la galaxia Vía Láctea. Nuestro planeta y nuestro sistema solar se hallan rodeados por un nuevo mundo oceánico, las profundidades del espacio. Y no es más infranqueable que el de otras épocas.

Quizá todavía es pronto. Puede que no haya llegado el momento. Pero esos

---

\* En el original «*planets*» (planetas), aunque en realidad la palabra griega que significa «nómadas» es «astros». (N. de la t.)

otros mundos, que prometen indecibles oportunidades, nos hacen señas.

En las últimas décadas, Estados Unidos y la antigua Unión Soviética han logrado un hito histórico realmente asombroso, la exploración cercana de todos aquellos puntos de luz, desde Mercurio hasta Saturno, que maravillaron y despertaron la curiosidad científica de nuestros antepasados. Desde que, en 1962, se llevara a cabo con éxito el primer vuelo interplanetario, nuestras máquinas se han aproximado, han orbitado o tomado tierra en más de sesenta nuevos mundos. Hemos «errado» entre los «errantes». Hemos descubierto enormes elevaciones volcánicas que empujan la montaña más alta de la Tierra; antiguos valles fluviales en dos planetas, curiosamente uno de ellos demasiado frío y el otro demasiado caliente como para albergar agua; un planeta gigante, con un interior líquido de hidrógeno metálico en el cual cabría mil veces la Tierra; lunas enteras que se han fundido; un lugar envuelto en nubes con una atmósfera compuesta de ácidos corrosivos, cuya temperatura, incluso en los altiplanos más elevados, supera la del punto de fusión del plomo; superficies milenarias sobre las cuales ha quedado fielmente grabada la violenta formación del sistema solar; mundos de hielo refugiados en las profundidades transplutonianas; sistemas de anillos, exquisitamente modelados, que ofrecen testimonio de las sutiles armonías de la gravedad y un mundo rodeado de nubes compuestas de complejas moléculas orgánicas como las que, en la historia primitiva de nuestro planeta, condujeron al origen de la vida. Silenciosamente, todos ellos describen órbitas alrededor del Sol, esperando.

Hemos descubierto maravillas jamás soñadas por aquellos antepasados, pioneros en especular acerca de la naturaleza de las luces itinerantes que adornan el cielo nocturno. Hemos sondeado los orígenes de nuestro planeta y de nosotros mismos. Sacando a la luz otras posibilidades, enfrentándonos cara a cara con destinos alternativos de otros mundos similares al nuestro, hemos empezado a comprender mejor la Tierra. Cada uno de esos mundos es hermoso e instructivo. Pero, por lo que hasta hoy sabemos, son también, todos y cada uno de ellos, mundos desolados y estériles. Ahí fuera no existe «un lugar mejor». Al menos por el momento.

Durante la misión robótica Viking, que se inició en julio de 1976, pasé, en cierto modo, un año en Marte. Examiné los cantos rodados y las dunas arenosas, el cielo rojo, incluso al mediodía, los antiguos valles fluviales, las altísimas montañas volcánicas, la feroz erosión del viento, el laminado terreno polar, las dos lunas oscuras en forma de patata. Pero no había vida, ni un triste grillo ni una brizna de hierba, ni siquiera —en la medida en que podemos asegurarlo— un microbio. Esos mundos no han sido agraciados con la vida, como lo ha sido el nuestro. Comparativamente, la vida es una rareza. Podemos inspeccionar docenas de mundos y descubrir que solamente en uno de ellos surge, evoluciona y persiste la vida.

No habiendo cruzado, en toda su existencia, nada más ancho que un río, Leib y Chaiya se graduaron en atravesar océanos. Contaban con una gran ventaja: al otro

lado de las aguas los esperaban otros seres humanos, de costumbres extranjeras, eso es cierto, pero que hablaban su lengua y compartían, por lo menos, algunos de sus valores; también personas con las que establecieron una relación más íntima.

En la actualidad hemos cruzado el sistema solar y enviado cuatro naves a las estrellas. Neptuno se encuentra un millón de veces más alejado de la Tierra que la ciudad de Nueva York de las orillas del río Bug. Sin embargo, no alberga parientes lejanos, no hay humanos ni, aparentemente, forma de vida alguna esperándonos en esos otros mundos. No hay cartas remitidas por emigrados recientes que puedan ayudarnos a comprender ese nuevo territorio, solamente datos digitales transmitidos a la velocidad de la luz por robots emisarios precisos e insensibles. Nos comunican que esos nuevos mundos no se parecen al nuestro. Pero seguimos buscando posibles habitantes. No podemos evitarlo. La vida busca a la vida.

No hay nadie en la Tierra, ni siquiera el más rico de los hombres, que pueda permitirse el viaje; así pues, no podemos optar por marcharnos a Marte o a Titán por capricho o porque nos aburrimos, no tenemos trabajo, nos han reclutado para el ejército, nos sentimos oprimidos o porque, justa o injustamente, hemos sido acusados de un crimen. Este tema no parece prometer suficientes beneficios a corto plazo como para motivar a la industria privada. Si nosotros, los humanos, llegamos a viajar alguna vez a dichos mundos, será porque una nación o un consorcio de naciones opina que puede sacar algún provecho o que ello representa un beneficio para la especie humana. En este momento nos acucian muchos y muy graves problemas que compiten por esos fondos requeridos para enviar personas a otros mundos.

De eso trata este libro: de otros mundos, sobre qué nos espera en ellos, qué nos revelan acerca de nosotros mismos y, dada la urgencia de los problemas a los que se enfrenta nuestra especie, si tiene o no sentido acudir a ellos. ¿Debemos primero resolver nuestros problemas? ¿Constituyen esos problemas un motivo para recurrir a otros mundos?

En muchos aspectos, este libro es optimista en lo que se refiere a las perspectivas de la Humanidad. A primera vista puede parecer que los primeros capítulos se deleitan demasiado con nuestras imperfecciones. No obstante, proporcionan una base espiritual y lógica que resulta esencial para el desarrollo de mi argumentación.

He tratado de presentar más de una faceta de cada tema. Habrá pasajes en los que doy la sensación de estar discutiendo conmigo mismo. De hecho es lo que hago. Cuando descubro méritos en más de una de las partes, a menudo discuto conmigo mismo. Confío en que al llegar al último capítulo habrá quedado clara mi posición.

Someramente, el plan de la obra es el siguiente: en primer lugar pasamos revista a las extendidas reivindicaciones formuladas a lo largo de toda la historia humana, en cuanto a que nuestra especie y nuestro mundo son únicos y desempeñan un papel central en el funcionamiento y la finalidad del cosmos. A continuación, nos aventuramos a través del sistema solar siguiendo los pasos de los últimos viajes de

exploración y descubrimiento, para valorar los motivos aducidos generalmente en favor de enviar seres humanos al espacio. En la última parte del libro, la más especulativa, elaboro un esbozo de cómo imagino que puede desarrollarse a largo plazo nuestro futuro en el espacio.

*Un punto azul pálido* trata de una nueva concepción, que va asentándose poco a poco, acerca de nuestras coordenadas, del lugar que ocupamos en el universo y de cómo, aunque la llamada de la aventura ha quedado amortiguada en nuestros días, un elemento central del futuro de la Humanidad está situado más allá de la Tierra.

PÁGINA X: Los mundos del sistema solar tal como se conocían hacia el final de la época preliminar de exploración espacial. Los planetas terrestres, excepto Mercurio, y los satélites galileicos de Júpiter son mostrados en tres meridianos diferentes. Algunas de las lunas de Saturno y Urano aparecen en dos meridianos distintos. No se ofrece ningún detalle de Titán, porque no conocemos casi nada de su superficie. Partes de algunos mundos —por ejemplo Rea, Calisto y Mercurio— revelan escasos detalles, dado que dichas regiones nunca han sido visitadas por naves interplanetarias. Los detalles referentes a Plutón y Caronte fueron deducidos a partir de observaciones de ocultación efectuadas desde la Tierra. Muchas de las lunas pequeñas del sistema solar exterior quedan omitidas. Los mundos aparecen a escala, excepto los indicados. (Mimas, por ejemplo, aparece a una escala tres veces mayor de lo que se la compararía, por ejemplo, con la Tierra.) La gran mayoría de datos en que se basa esta imagen fueron obtenidos por naves lanzadas al espacio por la NASA. Los datos referentes a Venus proceden en parte de naves espaciales de la Unión Soviética, y la información acerca del cometa Halley, de una misión de la Agencia Espacial Europea (ESA). Cortesía de la NASA y la USGS. Un póster de esta ilustración se halla a la venta en el U. S. Geological Survey, Map Distribution, Box 25286, Federal Center, Denver, CO 80225.

# ESTAMOS AQUÍ

La Tierra entera no es más que un punto, ni el lugar que habitamos más que una insignificante esquina del mismo.

MARCO AURELIO, emperador romano *Meditaciones*, Vol. 4 (aprox. 170)

De acuerdo con las enseñanzas de los astrónomos, la circunferencia de la Tierra, que a nosotros nos parece tan interminable, comparada con la grandiosidad del universo ofrece el aspecto de un mero punto diminuto.

AMIANO MARCELINO (aprox. 330-3951) el último gran historiador romano, *Crónica de los sucesos*

La nave espacial se encontraba muy lejos de casa, más allá de la órbita del planeta más exterior y muy por encima del plano de la eclíptica, una superficie plana imaginaria, algo así como una pista, en la que generalmente se hallan confinadas las órbitas de los planetas. La astronave se alejaba del Sol a 65000 kilómetros por hora. Pero a principios de febrero de 1990 recibió un mensaje urgente de la Tierra.

Obediente, modificó la orientación de sus cámaras, dirigiéndolas hacia los planetas ahora distantes. Tras girar su plataforma de exploración científica de un lugar del cielo a otro, captó sesenta imágenes y las almacenó, digitalizadas, en su cinta registradora. Luego, lentamente, en marzo, abril y mayo, fue radiando los datos hacia la Tierra. Cada imagen estaba compuesta de 640000 elementos individuales (pixels), como los puntos que aparecen en una foto impresa o en un cuadro puntillista. La nave espacial se encontraba a seis mil millones de kilómetros de la Tierra, tan lejos, que cada pixel tardaba cinco horas y media, viajando a la velocidad de la luz, en alcanzarla. Las imágenes podían haber sido reintegradas antes, pero los grandes radiotelescopios ubicados en California, España y Australia que reciben estos susurros procedentes de los bordes del sistema solar tenían responsabilidades con otras naves que surcan el océano espacial, entre ellas la sonda *Magallanes*, en dirección a Venus, y *Galilea*, en tortuoso viaje hacia Júpiter.

El *Voyager 1* se encontraba tan por encima del plano de la eclíptica porque, en 1981, se había aproximado mucho a Titán, la luna gigante de Saturno. Para su nave hermana, el *Voyager 2*, fue programada una trayectoria distinta dentro de dicho plano, y pudo así llevar a cabo sus celebradas exploraciones de Urano y Neptuno. Los dos robots *Voyager* han investigado cuatro planetas y casi sesenta lunas. Constituyen notables triunfos de la ingeniería humana y se cuentan entre las glorias del programa espacial norteamericano. A buen seguro ambas figurarán en los libros de historia cuando muchas otras cosas de nuestro tiempo hayan quedado



relegadas al olvido.

El buen funcionamiento de los *Voyager* sólo estaba garantizado hasta que efectuaran su encuentro con Saturno. Se me ocurrió que podía ser una buena idea que, una vez se hubiera producido, echaran un último vistazo en dirección a la Tierra. Yo sabía que desde Saturno la Tierra se vería demasiado pequeña como para que el *Voyager* pudiera percibir detalles. Nuestro planeta aparecería como un mero punto de luz, un pixel solitario, apenas distinguible de los otros muchos puntos de luz visibles, planetas cercanos y soles remotos. Pero precisamente por la oscuridad de nuestro mundo puesta así de manifiesto, podía valer la pena disponer de esa imagen.

Los navegantes dibujaron esmerados mapas de las líneas costeras de los continentes. Los geógrafos tradujeron esos hallazgos a mapas y globos terráqueos. Fotografías de pequeños trozos de la Tierra fueron tomadas primero desde globos y aviones, luego por cohetes en breves vuelos balísticos y, finalmente, por naves espaciales puestas en órbita, que ofrecen una perspectiva como la que se consigue observando un gran globo terráqueo a tres centímetros de distancia. Si bien a casi todos nosotros nos han enseñado que la Tierra es una esfera a la que, en cierto modo, estamos pegados por la fuerza de la gravedad, no empezamos a darnos verdadera cuenta de la realidad de nuestra circunstancia hasta ver la famosa foto de gran cobertura que la nave *Apolo* tomó de la esfera terrestre, la que obtuvieron los astronautas del *Apolo 17* en el último viaje del hombre a la Luna.

Esa imagen se ha convertido en una especie de icono de nuestra época. En ella aparece la Antártida, que americanos y europeos tan rápidamente consideran el punto más inferior, y luego todo el continente africano extendiéndose hacia arriba: puede verse Etiopía, Tanzania y Kenya, donde vivieron los humanos primitivos. Arriba, a la derecha, se vislumbra Arabia Saudí y lo que los europeos llaman el Próximo Oriente. En la porción superior, sobresaliendo apenas, se encuentra el mar Mediterráneo, a orillas del cual emergió una parte importante de nuestra civilización global. Se distingue también el azul del océano, el color rojo amarillento del Sahara y del desierto árabe, el verde pardo de bosques y prados.

Pero no hay rastro de los humanos en esa foto; tampoco de la remodelación de la superficie de la Tierra que nuestra especie ha llevado a cabo, de nuestras máquinas o de nosotros mismos: somos demasiado pequeños y nuestra organización política demasiado débil para ser captados por una nave espacial situada a caballo entre la Tierra y la Luna. Desde esa posición no se percibe ninguna evidencia de nuestra obsesión por el nacionalismo. Las imágenes de la Tierra obtenidas por el *Apolo* transmitieron a las multitudes algo de sobra conocido para los astrónomos: a la escala de los mundos —por no mencionar a estrellas o galaxias—, los humanos somos insignificantes, una fina película de vida sobre un oscuro pedazo de roca y metal.

Me pareció que otra instantánea de la Tierra, esta vez desde una distancia cien mil veces superior, podía ser útil en el constante proceso de revelarnos a nosotros mismos nuestra verdadera circunstancia y condición. Los científicos y filósofos de

la antigüedad clásica habían comprendido correctamente que la Tierra es un mero punto en la inmensidad del cosmos, pero nadie la había *visto* nunca como tal. Esa era nuestra primera oportunidad (y quizá también la última en décadas y décadas).

Eran muchos los que apoyaban el proyecto Voyager en la NASA. Pero desde el sistema solar exterior la Tierra está situada muy cerca del Sol, como una polilla cautiva alrededor de una llama.

¿Debíamos aproximar tanto la cámara al Sol y arriesgarnos a que se quemara el sistema vidicón de la sonda espacial? ¿No sería mejor esperar a que hubiera tomado todas las instantáneas científicas –las de Urano y Neptuno–, si es que la nave lograba conservarse todo ese tiempo?

Así pues esperamos –y resultó bien–, desde 1981 en Saturno y 1986 en Urano, hasta 1989, en que ambas sondas hubieron pasado las órbitas de Neptuno y Plutón. Por fin llegó el momento. Sin embargo, primero era necesario efectuar una serie de calibraciones instrumentales, y aguardamos un poquito más. A pesar de que las naves se encontraban en las posiciones correctas, su instrumental funcionando a la perfección y ya no había más fotos que tomar, algunos miembros del personal se mostraron contrarios a llevarlo a cabo. Aquello no tenía nada que ver con la ciencia, adujeron. Luego descubrimos que, en una NASA agobiada por los problemas económicos, los técnicos que diseñan y transmiten las órdenes por radio a los *Voyager* iban a ser despedidos de inmediato o transferidos a otros puestos. Si realmente querían tomarse esas imágenes, debía hacerse en ese preciso momento. En el último minuto –de hecho se produjo en mitad del encuentro del *Voyager 2* con Neptuno–, el entonces responsable de la NASA, el contralmirante Richard Truly, intervino y se aseguró de que se realizara el trabajo. Los científicos espaciales Candy Hansen, del Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL) de la NASA, y Carolyn Porco, de la Universidad de Arizona, diseñaron la secuencia de órdenes y calcularon los tiempos de exposición de la cámara.

De modo que aquí están, un mosaico de cuadrados colocados sobre los planetas y un esbozo de lo que son las estrellas más distantes. No sólo fue posible fotografiar la Tierra, sino también cinco de los nueve planetas conocidos del Sol. Mercurio, el más interior, se hallaba perdido en medio del deslumbrante resplandor solar, mientras Marte y Plutón eran demasiado pequeños, estaban escasamente iluminados y excesivamente alejados. Urano y Neptuno son tan oscuros, que registrar su presencia requirió largos periodos de exposición; por consiguiente, esas imágenes quedaron borrosas a causa del movimiento de la nave cósmica. Ese es el aspecto que ofrecerían los planetas a un vehículo espacial extraterrestre que se acercase al sistema solar tras un largo viaje interestelar.

Desde la distancia, los planetas parecen sólo puntos de luz, con manchas o sin ellas, incluso a través del telescopio de alta resolución instalado a bordo del *Voyager*. Son como los planetas observados a simple vista desde la superficie de la Tierra, puntos luminosos más brillantes que la mayoría de estrellas. Por espacio de unos meses, nuestro planeta, al igual que los demás, da la sensación de flotar entre

las estrellas. Con sólo mirar uno de esos puntos no somos capaces de decir lo que alberga, cuál ha sido su pasado y si, en esta época concreta, vive alguien allí.

Como consecuencia del reflejo de la luz solar de la nave hacia la Tierra, ésta parece envuelta en un haz de luz, como si ese pequeño mundo tuviera algún significado especial. Pero se trata solamente de un accidente achacable a la geometría y a la óptica. El Sol emite su radiación equitativamente en todas direcciones. Y si la imagen hubiera sido tomada un poco antes o un poco después, no habría habido haz de rayos solares que iluminara la Tierra.

¿Y por qué ese color azul celeste? El azul procede en parte del mar y en parte del cielo. Dentro de un vaso, el agua es transparente y absorbe ligeramente más luz roja que azul. Pero si lo que hay son decenas de metros de ese elemento o más, éste absorbe toda la luz roja y lo que se refleja de vuelta al espacio es el azul. Del mismo modo, a corta distancia, a través del aire, el objeto se ve transparente. No obstante —y eso es algo que Leonardo da Vinci explicó a la perfección—, cuanto más distante se encuentra, más azul parece. ¿Por qué? Ello es debido a que el aire dispersa mucho mejor la luz azul que la roja. Por ello, el matiz azulado de ese puntito es debido a su espesa pero transparente atmósfera y a sus profundos océanos de agua líquida. ¿Y el blanco? En un día normal, la Tierra aparece medio cubierta de blancas nubes de agua.

Nosotros somos capaces de explicar ese azul pálido que presenta nuestro pequeño mundo porque lo conocemos bien. Sin embargo, es menos probable que un científico extraterrestre, recién llegado a los alrededores de nuestro sistema solar, fuera capaz de deducir la existencia de océanos, nubes y una atmósfera densa. Neptuno, por ejemplo, es azul, pero fundamentalmente por razones distintas. Desde esa posición tan alejada puede parecer que la Tierra no reviste ningún interés especial.

Pero para nosotros es distinta. Echemos otro vistazo a ese puntito. Ahí está. Es nuestro hogar. Somos nosotros. Sobre él ha transcurrido y transcurre la vida de todas las personas a las que queremos, la gente que conocemos o de la que hemos oído hablar y, en definitiva, de todo aquel que ha existido. En ella conviven nuestra alegría y nuestro sufrimiento, miles de religiones, ideologías y doctrinas económicas, cazadores y forrajeadores, héroes y cobardes, creadores y destructores de civilización, reyes y campesinos, jóvenes parejas de enamorados, madres y padres, esperanzadores infantiles, inventores y exploradores, profesores de ética, políticos corruptos, *superstars*, «líderes supremos», santos y pecadores de toda la historia de nuestra especie han vivido ahí... sobre una mota de polvo suspendida en un haz de luz solar.

La Tierra constituye sólo una pequeña fase en medio de la vasta arena cósmica. Pensemos en los ríos de sangre derramada por tantos generales y emperadores con el único fin de convertirse, tras alcanzar el triunfo y la gloria, en dueños momentáneos de una fracción del puntito. Pensemos en las interminables crueldades infligidas por los habitantes de un rincón de ese pixel a los moradores de algún otro rincón, en tantos malentendidos, en la avidez por matarse unos a

otros, en el fervor de sus odios.

Nuestros posicionamientos, la importancia que nos auto atribuimos, nuestra errónea creencia de que ocupamos una posición privilegiada en el universo son puestos en tela de juicio por ese pequeño punto de pálida luz. Nuestro planeta no es más que una solitaria mota de polvo en la gran envoltura de la oscuridad cósmica. Y en nuestra oscuridad, en medio de esa inmensidad, no hay ningún indicio de que vaya a llegar ayuda de algún lugar capaz de salvarnos de nosotros mismos.

La Tierra es el único mundo hasta hoy conocido que alberga vida. No existe otro lugar adonde pueda emigrar nuestra especie, al menos en un futuro próximo. Sí es posible visitar otros mundos, pero no lo es establecerlos en ellos. Nos guste o no, la Tierra es por el momento nuestro único hábitat.

Se ha dicho en ocasiones que la astronomía es una experiencia humillante y que imprime carácter. Quizá no haya mejor demostración de la locura de la vanidad humana que esa imagen a distancia de nuestro minúsculo mundo. En mi opinión, subraya nuestra responsabilidad en cuanto a que debemos tratarnos mejor unos a otros, y preservar y amar nuestro punto azul pálido, el único hogar que conocemos.

# ABERRACIONES DE LA LUZ

Si la Humanidad fuera borrada del mundo, el resto parecería estar fuera de lugar, sin ningún sentido ni finalidad... y no conducir a nada.  
FRANCIS BACON, *Sabiduría de los antiguos* (1619)

Ann Druyan sugiere un experimento: observemos de nuevo el punto azul pálido del capítulo anterior. Contemplémoslo durante un rato. Miremos ese puntito el tiempo que haga falta y luego tratemos de convencernos de que Dios creó todo el universo exclusivamente para una de entre los diez millones de especies que habitan esa mota de polvo. Demos ahora un paso más: imaginemos que todo fue creado para un solo matiz de esa especie, o género, o subdivisión étnica o religiosa. Si eso no nos parece demasiado improbable, tomemos otro puntito. Supongamos que *ése* está habitado por una forma distinta de vida inteligente. También ellos defienden la noción de un Dios que lo ha creado todo para su beneficio. ¿Tomaremos en serio *su* reivindicación?

– ¿Ves esa estrella?

– ¿Te refieres a esa roja brillante? – inquiriere la hija por su parte.

– Sí. ¿Sabes? Es posible que ya no se encuentre allí. Hoy puede haber desaparecido, quizá haya explotado o algo así. Su luz todavía está viajando por el espacio y no ha llegado a nuestros ojos hasta ahora. No la vemos como es, sino como fue.

Muchas personas se quedan absolutamente maravilladas cuando se ven confrontadas por primera vez con esta simple verdad. ¿Por qué? ¿Por qué ha de parecer tan increíble? En nuestro pequeño mundo la luz viaja, a todos los efectos prácticos, de forma instantánea. Si una bombilla está encendida, es evidente que brilla exactamente donde la vemos. Extendemos el brazo y la tocamos: en efecto, ahí está, y además quema. Si se rompe el filamento se apaga la luz. No la percibimos en el mismo lugar, resplandeciente, iluminando la estancia años después de que se haya fundido y la hayamos retirado del portalámparas. El concepto en sí parece un disparate. Pero, si nos encontramos lo suficientemente lejos, un sol entero puede apagarse y nosotros seguiremos viéndolo brillar intensamente; no nos enteraremos de su muerte tal vez durante siglos, de hecho, durante todo el tiempo que tarde la luz –que viaja rápido, pero no infinitamente– en cruzar la inmensidad que nos separa.

Las ingentes distancias que median hasta las estrellas y las galaxias son responsables de que en el espacio todo lo veamos en el pasado, y que incluso

percibamos algunos cuerpos celestes tal como eran antes de la formación de la Tierra. Los telescopios son en realidad máquinas del tiempo. Mucho tiempo atrás, cuando una galaxia primitiva empezaba a verter luz a la oscuridad que la envolvía, ningún testigo podía saber que, miles de millones de años después, unos cuantos pedazos remotos de roca y metal, hielo y moléculas orgánicas acabarían por juntarse para formar un lugar llamado Tierra; o que la vida nacería y evolucionaría hasta dar seres pensantes que, un buen día, tomarían un fragmento de esa luz galáctica y tratarían de averiguar qué era lo que la había colocado en su camino.

Y cuando la Tierra muera, dentro de unos cinco mil millones de años, cuando haya quedado reducida a cenizas o haya sido tal vez engullida por el Sol, surgirán otros mundos, estrellas y galaxias que nada sabrán de un lugar llamado en su día la Tierra.

Casi nunca parece un PREJUICIO. Al contrario, la idea de que, a raíz de un nacimiento casual, *nuestro* grupo (sea el que sea) debe ocupar una posición central en el universo social, parece acertada y justa. Entre príncipes faraónicos y pretendientes de la dinastía Plantagenet\*, hijos de capitalistas sin escrúpulos† y burócratas del Comité Central, bandas callejeras y conquistadores de naciones, miembros de confiadas mayorías, oscuras sectas y denostadas minorías, esta actitud narcisista parece tan natural como la acción de respirar. Bebe de las mismas fuentes psíquicas que alimentan al sexismo, racismo, nacionalismo y otros perniciosos chauvinismos que azotan a nuestra especie. Es necesaria una gran fuerza de carácter para soportar la arrogancia de los que sostienen que gozamos de una superioridad clara —o incluso que nos ha sido otorgada por Dios— sobre nuestros congéneres. Cuanto más precaria es nuestra autoestima, mayor es nuestro grado de vulnerabilidad ante tales afirmaciones.

Dado que los científicos son personas, no es extraño que pretensiones comparables a la expresada se hayan insinuado también en el ámbito de la visión científica del mundo. En realidad, muchos de los debates centrales en la historia de la ciencia parecen, en parte, discusiones acerca de si la condición humana es especial. Casi siempre, de entrada se asume que somos especiales. No obstante, después de examinar la cuestión con mayor rigor se descubre —con desaliento en muchos casos— que no lo somos.

Nuestros antepasados vivieron al aire libre. Estaban tan familiarizados con el cielo nocturno como la mayoría de nosotros lo estamos con nuestro programa favorito de televisión. El Sol, la Luna, las estrellas y los planetas salían todos ellos por el este y se ponían por el oeste, atravesando el cielo sobre sus cabezas en el ínterin. El movimiento de los cuerpos celestes no era para ellos un mero

---

\* Dinastía de soberanos ingleses (1154-1485). Perteneciente al linaje francés de los condes de Anjou, su pretensión al trono de Francia provocó la guerra de los Cien Años. (*Nota de la traductora*)

† En el original, «*robber barons*», que *Simón and Schuster's International Dictionary* traduce como capitalistas de Estados Unidos que a fines del siglo XIX adquirieron inmensas riquezas por medio de la explotación, el cohecho, etc. (*TV. de la t.*)

entretenimiento que les provocara una reverencial inclinación de cabeza o una exclamación de admiración; era el único modo de saber la hora del día y las estaciones del año. Tanto para cazadores y forrajeadores como para la gente que vivía de la agricultura, el conocimiento del cielo era cuestión de vida o muerte.

¡Qué suerte para nosotros que el Sol, la Luna, los planetas y las estrellas conformen un reloj cósmico tan elegantemente configurado! No parecía una casualidad. Fueron puestos ahí con un propósito, nada menos que para nuestro beneficio. ¿Quién si no iba a hacer uso de ellos? ¿Para qué servirían, de no ser así?

¿Y si las luces del cielo salen y se ponen a nuestro alrededor, no es evidente que nos encontramos en el centro del universo? Esos cuerpos celestes, tan claramente dotados de poderes sobrenaturales —especialmente el Sol, de cuya luz y calor dependemos—, dan vueltas a nuestro alrededor cual cortesanos adulando servilmente a su rey. Incluso si todavía no lo hubiéramos adivinado, el más elemental examen de los cielos revela que *somos* especiales. El universo parece diseñado para los seres humanos. Resulta difícil contemplar esas circunstancias sin experimentar una punzada de orgullo y reafirmación. ¡El universo entero hecho para nosotros! ¡Qué importantes debemos ser!

Esta satisfactoria demostración de nuestra importancia, apuntalada por la observación diaria de los cielos, hizo de la noción geocéntrica una verdad transcultural que se enseñó en las escuelas, se introdujo en el lenguaje y fue parte esencial de la literatura y las escrituras sagradas. Todo el que se mostraba en desacuerdo era disuadido de su postura, en ocasiones mediante tortura o incluso la muerte. No es pues de extrañar que durante la mayor parte de la historia humana nadie cuestionara dicha teoría.

Esa era sin duda la postura de nuestros antepasados cazadores y recolectores. El gran astrónomo de la antigüedad Claudio Tolomeo sabía, en el siglo II, que la Tierra era una esfera, que su tamaño era «un punto» comparado con la distancia de las estrellas, y postuló que estaba ubicada «justo en mitad de los cielos». Aristóteles, Platón, san Agustín, santo Tomás de Aquino y casi todos los grandes filósofos y científicos de todas las culturas, a lo largo de tres mil años hasta el siglo XVII, cayeron en ese error. Algunos se concentraron en averiguar cómo el Sol, la Luna, las estrellas y los planetas podían estar tan hábilmente ligados a esferas cristalinas perfectamente transparentes —las grandes esferas, centradas, claro está, en la Tierra— que explicarían los complejos movimientos de los cuerpos celestes, tan meticulosamente referidos por generaciones de astrónomos. Y lo consiguieron: con modificaciones posteriores, la hipótesis geocéntrica explicaba de forma adecuada los aspectos del movimiento planetario tal como se conocían en el siglo II, y en el XVI.

A partir de ahí solamente era necesaria una ligera extrapolación para dar forma a una reivindicación todavía más grandiosa: que la «perfección» del mundo quedaría incompleta en ausencia de los seres humanos, tal como afirmaba Platón en el *Timeo*. «El hombre... lo es todo —escribía el poeta y clérigo John Donne en 1625—. No es una pieza del mundo, sino el mundo en sí mismo y, cercano a la

gloria de Dios, es la razón que explica la existencia del mundo.»

Y a pesar de todo, sin importar cuántos reyes, papas, filósofos, científicos y poetas insistieran en lo contrario, a lo largo de esos milenios la Tierra se obstinó tozudamente en seguir describiendo órbitas alrededor del Sol. No es difícil imaginar a un riguroso observador extraterrestre contemplando a nuestra especie durante todo ese tiempo —viéndonos alardear excitados con afirmaciones como «el universo fue creado para nosotros», «nosotros somos el centro», «todo rinde homenaje a nuestra especie»— y extrayendo la conclusión de que nuestras pretensiones son grotescas, nuestras aspiraciones patéticas y de que ése debe de ser el planeta de los necios.

Pero se trata de una opinión demasiado severa. Lo hicimos lo mejor que supimos. Lo que ocurrió fue que se produjo una desgraciada coincidencia entre las apariencias cotidianas y nuestras esperanzas secretas. Tenemos tendencia a no ser especialmente críticos cuando nos vemos confrontados con evidencias que parecen confirmar nuestros prejuicios. Y en este caso hubo pocos indicios que lo contrarrestaran.

En apagado contrapunto, unas cuantas voces disidentes que aconsejaban humildad y perspectiva pudieron escucharse a través de los siglos. En los albores de la ciencia, los filósofos atomistas de la Grecia y Roma antiguas —los primeros que sugirieron que la materia está compuesta de átomos— Demócrito, Epicuro y sus seguidores (y Lucrecio, el primer divulgador de la ciencia) proclamaron escandalosamente la existencia de multitud de mundos y de formas de vida extrañas, todas ellas compuestas de los mismos tipos de átomos que nosotros. Ofrecieron para nuestra consideración inmensidades en tiempo y espacio. Pero en los cánones vigentes en Occidente, seculares y sacerdotales, paganos y cristianos, las ideas atomistas eran rechazadas. En su lugar, los cielos no eran como nuestro mundo. Eran «inalterables y perfectos». La Tierra era mutable y «corrupta». El estadista y filósofo romano Cicerón resumió la visión común de la época: «En el cielo... no existe el azar o la casualidad, no hay error ni frustración, sino orden absoluto, precisión, cálculo y regularidad.»

La filosofía y la religión advertían que los dioses (o Dios) eran mucho más poderosos que nosotros, celosos de sus prerrogativas e implacables a la hora de repartir justicia en casos de arrogancia intolerable. Al mismo tiempo, estas disciplinas no tenían la más mínima idea de que sus propias enseñanzas acerca de cómo está ordenado el universo constituían un acto de vanidad y un error.

La filosofía y la religión presentaban una mera opinión —que podía ser rebatida mediante la observación y el experimento— como un hecho probado. Eso no las preocupaba en absoluto. Que algunas de sus creencias más acérrimamente defendidas podían resultar erróneas era una posibilidad apenas tomada en consideración. La humildad doctrinal debían practicarla otros. Sus enseñanzas eran inerrables e infalibles. En realidad, tenían mejores motivos para ser humildes de lo que podían imaginar.

Empezando con Copérnico a mediados del siglo XVI, el tema fue formalmente



unificado. La imagen del Sol, y no la Tierra, en el centro del universo fue considerada peligrosa. Servicialmente, muchos estudiosos se apresuraron a asegurar a la jerarquía religiosa que esta hipótesis recién inventada no representaba ningún desafío serio para la sabiduría convencional. En una especie de compromiso «conciliador»\*, el sistema centrado en el Sol fue tratado como una simple conveniencia computacional, no como realidad astronómica, es decir, *realmente*, la Tierra se encontraba en el centro del universo, como todo el mundo sabía; pero si se trataba de predecir dónde estaría situado Júpiter el segundo martes del mes de noviembre a dos años vista, entonces estaba permitido suponer que era el Sol el que ocupaba el centro. De este modo podían efectuarse los cálculos pertinentes sin afrentar a las autoridades.

«Ello no entraña ningún peligro», escribió Robert Cardinal Bellarmine, el principal teólogo del Vaticano, a principios del siglo XVII, y satisface a los matemáticos. Pero afirmar que el Sol se halla realmente fijo en el centro de los cielos y que la Tierra da vueltas muy rápidamente a su alrededor es algo ciertamente peligroso, que no sólo irrita a los teólogos y a los filósofos, sino que atenta contra nuestra sagrada fe y tilda de falsas las sagradas Escrituras.

«La libertad de pensamiento es perniciosa –escribió Bellarmine en otra ocasión–. No es nada más que la libertad de estar equivocado.»

Además, si la Tierra giraba alrededor del Sol, debería parecer que las estrellas cercanas avanzaban hacia el fondo de las estrellas más distantes, ya que cada seis meses cambiamos nuestra perspectiva de un lado de la órbita terrestre al otro. No obstante, no se había hallado evidencia de un «paralaje anual» de ese tipo. Los copernicanos adujeron que eso era debido a que las estrellas se encontraban extremadamente lejos, quizá un millón de veces más distantes que la Tierra del Sol. Posiblemente en tiempos futuros se encontraría un paralaje anual. Los geocentristas, por su parte, lo consideraron un intento desesperado de salvar una hipótesis defectuosa y, en vista de ello, absurda.

Cuando Galileo apuntó al cielo con el primer telescopio astronómico, la marea empezó a cambiar. Descubrió que Júpiter llevaba un pequeño séquito de lunas girando a su alrededor, las más interiores con mayor rapidez que las exteriores, tal como Copérnico había deducido para el movimiento de los planetas alrededor del Sol. Halló asimismo evidencias de que Mercurio y Venus atravesaban diversas fases, al igual que la Luna (demostrando que describían órbitas alrededor del Sol). Además, los cráteres de la Luna y las manchas del Sol ponían en entredicho la perfección de los cielos. En parte, éste podría ser el problema que había preocupado a Tertuliano mil trescientos años antes, cuando imploró: «Si tenéis

---

\* El famoso libro de Copérnico se publicó primero con una introducción del teólogo Andrew Ossiander, incluida sin el conocimiento del astrónomo agonizante. La bienintencionada tentativa de Ossiander de reconciliar la religión y la astronomía copernicana terminaba con las palabras siguientes: «Que nadie espere certezas de la astronomía, pues la astronomía no puede ofrecernos ninguna certeza, no sea que si alguien asume como verdad lo que ha sido construido para otros usos, acabe saliendo de esa disciplina más loco que cuando acudió a ella.» La certeza sólo podía ofrecerla la religión.

alguna modestia o sentido común, dejad de fisgar en las regiones del cielo, en el destino y secretos del universo.»

Por el contrario, Galileo proclamó que podemos interrogar a la Naturaleza a través de la observación y la experiencia. Si lo hacemos, «hechos que a primera vista parecen inverosímiles, aunque no queden suficientemente explicados, dejarán caer el manto que los mantenía ocultos y aparecerán ante nuestros ojos con toda su simple y desnuda belleza». ¿No constituyen tales hechos, que incluso los más escépticos pueden confirmar, una visión más acertada del universo de Dios que todas las especulaciones de los teólogos? Pero ¿y si esos hechos contradicen las creencias de aquellos que consideran su religión incapaz de cometer errores? Los príncipes de la Iglesia amenazaron al anciano astrónomo con torturarlo si persistía en su actitud de enseñar la abominable doctrina de que la Tierra se movía. Finalmente fue condenado a una especie de arresto domiciliario para el resto de su vida.

Una o dos generaciones más tarde, allá por los tiempos en que Isaac Newton demostró que unos simples y elegantes principios de la física podían explicar cuantitativamente —y predecir— todos los movimientos lunares y planetarios observados (siempre que se admitiera que el Sol se halla en el centro del sistema solar), la noción geocéntrica sufrió un nuevo desgaste.

En 1725, en un intento de descubrir el paralaje estelar, el esmerado astrónomo aficionado inglés James Bradley tropezó con la aberración de la luz. El término «aberración» transmite, supongo yo, algo de lo inesperado del descubrimiento. Bradley se dio cuenta de que, observadas en el transcurso de un año, las estrellas trazan pequeñas elipses en el cielo. No obstante, todas las estrellas presentaban ese fenómeno. Eso no podía ser el paralaje estelar, pues cabría esperar un gran paralaje para las estrellas cercanas y uno prácticamente indetectable para las alejadas. En cambio, la aberración es similar al fenómeno que se produce cuando caen las gotas de lluvia sobre el cristal de un coche en marcha; los pasajeros tienen la impresión de que caen en sentido oblicuo y, cuanto más rápido circula el vehículo, más inclinadas parecen caer las gotas. Si la Tierra se mantuviera fija en el centro del universo y no se moviera en su órbita alrededor del Sol, Bradley no habría descubierto la aberración de la luz. Ésa era pues una demostración aplastante de que la Tierra gira alrededor del Sol. Convenció a la mayoría de los astrónomos y también a otras personas, pero no —pensó Bradley— a los «anticopernicanos».

Sin embargo, hasta 1837 la observación directa no consiguió probar de manera clara y nítida que es cierto que la Tierra da vueltas alrededor del Sol. Finalmente se descubrió también el tan debatido paralaje anual, pero no mediante argumentos mejores, sino gracias a instrumentos más avanzados. Dado que explicar en qué consiste es mucho más directo que explicar la aberración de la luz, su descubrimiento resultó muy importante. Supuso el último clavo para sellar el ataúd del geocentrismo. Basta con mirarse un dedo, primero con el ojo izquierdo y luego con el derecho, para descubrir que da la sensación de moverse. El paralaje es muy fácil de comprender.

Hacia el siglo XIX todos los científicos geocentristas se habían convertido o extinguido. Una vez convencidos la mayoría de ellos, la opinión pública informada cambió rápidamente, en algunos países en sólo tres o cuatro generaciones. Naturalmente, en tiempos de Galileo y Newton, e incluso mucho más tarde, quedaba todavía quien no estaba de acuerdo, quien trataba de impedir que se aceptara o llegara a conocerse la nueva imagen del universo con el Sol en el centro. También había mucha gente que mantenía, al menos en secreto, sus reservas al respecto.

Bien entrado el siglo XX, por si quedaba todavía algún indeciso, hemos podido dejar definitivamente zanjada la discusión. Hemos sido capaces de comprobar si vivimos en un sistema centrado por la Tierra, con planetas unidos a esferas transparentes de cristal, o si más bien se trata de un sistema centrado en el Sol, con planetas controlados a distancia por la gravedad que ejerce dicho astro. Hemos sondeado, por ejemplo, los planetas mediante radar. Cuando hacemos rebotar una señal en una luna de Saturno, no recibimos ningún eco de radio procedente de alguna esfera de cristal más cercana, adherida a Júpiter. Nuestras naves espaciales arriban a sus destinos programados con una precisión asombrosa, exactamente como había vaticinado la gravitación newtoniana. Cuando nuestros vehículos espaciales llegan a Marte, pongamos por caso, sus instrumentos no registran estallidos ni detectan fragmentos de cristal roto al chocar contra las «esferas» que –de acuerdo con las opiniones autorizadas que prevalecieron durante milenios– propulsan a Venus o al Sol en sus concienzudos movimientos alrededor de la Tierra central.

Cuando el *Voyager 1* realizó la exploración del sistema solar desde más allá del planeta más exterior, comprobó, tal como Copérnico y Galileo habían afirmado, que el Sol se halla en el centro y los planetas describen órbitas concéntricas a su alrededor. Lejos de estar ubicada en el centro del universo, la Tierra no es más que uno de esos puntos orbitantes. Sin estar ya confinados en un mundo solitario, ahora podemos llegar a otros y determinar de forma decisiva qué tipo de sistema planetario habitamos.

Cualquier otra propuesta, y son legión, encaminada a desplazarlos del centro del cosmos ha sido igualmente combatida, en parte por razones similares. Al parecer anhelamos un privilegio, merecido no por nuestros esfuerzos, sino por nacimiento, digamos que por el mero hecho de ser humanos y de haber nacido en la Tierra. Podríamos llamarla la noción antropocéntrica, «centrada en el ser humano».

Esta noción alcanza su culminación en la idea de que fuimos creados a imagen y semejanza de Dios: «El Creador y Gobernador de todo el universo es precisamente como yo. ¡Caramba, qué coincidencia! ¡Qué adecuado y satisfactorio!» El filósofo griego del siglo VI a. J.C. Jenófanes comprendió la arrogancia de esta perspectiva:

Los etíopes plasman a sus dioses negros y de nariz respingona; los tracios dicen de los suyos que tienen los ojos azules y el pelo rojo... Sí, y si bueyes, caballos o leones tuvieran manos y pudieran pintar con ellas, y producir obras de arte como los

hombres, los caballos pintarían a sus dioses con forma de caballo, los bueyes con forma de buey...

Este tipo de actitudes se han descrito alguna vez como «provincianas»; la ingenua expectativa de que las jerarquías políticas y las convenciones sociales de una provincia humilde se extienden a un vasto imperio compuesto de muchas tradiciones y culturas diferentes; que el entorno familiar, nuestro pequeño reducto, constituye el centro del mundo. Los palurdos de pueblo no saben casi nada acerca de otras posibilidades. No alcanzan a comprender la insignificancia de su provincia o la diversidad del imperio. Con toda tranquilidad aplican sus propias normas y costumbres al resto del planeta. Pero trasladados a Viena, por ejemplo, o Hamburgo o Nueva York, reconocen apesadumbrados cuan limitada ha sido hasta entonces su perspectiva. Se «desprovincializan».

La ciencia moderna ha supuesto un viaje a lo desconocido, con una lección de humildad aguardando en cada parada. Muchos pasajeros habrían preferido quedarse en casa.

ENFRENTA: El universo de galaxias. Esta espectacular fotografía, obtenida por el telescopio espacial *Hubble*, muestra la periferia del cúmulo galáctico Coma, que se halla a unos 370 millones de años luz de distancia. Virtualmente todos los objetos que se ven son galaxias. La más destacada, en el centro, es la NGC 4881, una galaxia elíptica gigante. La segunda en tamaño, a su izquierda, es una galaxia espiral, como la Vía Láctea, vista de frente. Las galaxias alargadas son otras galaxias espirales vistas de perfil. El objeto de color naranja y blanco que arrastra dos colas son dos galaxias en colisión; la gravedad de cada una de ellas ha distorsionado la forma de la otra. Los cuadros negros representan ausencia de datos.

Muchas de las galaxias más vagas que se ven en la imagen no forman parte del cúmulo galáctico Coma, si bien son galaxias considerables que aparecen más tenues por hallarse mucho más alejadas. Futuras generaciones de telescopios serán capaces de captar la luz de un número enormemente mayor de galaxias distantes, que hoy nos resultan completamente desconocidas.

El campo visual que abarca esta imagen corresponde a un pequeño cuadrado en el cielo de menos de un uno por ciento del área angular aparente de la Luna. Por ello no representa más que una cienmillonésima del cielo, aproximadamente. El número total de estrellas en este campo de visión —la gran mayoría de ellas situadas en otras galaxias y demasiado débiles para ser captadas por el *Hubble*— asciende a más de cien billones. El número de planetas distantes en esta minúscula porción de cielo es, sobre la base de las evidencias modernas, comparablemente enorme.

Cada una de estas galaxias gira, efectuando por lo general una rotación cada pocos cientos de millones de años. También están en movimiento unas respecto a las otras. Todo el cúmulo galáctico Coma, del cual la imagen muestra una porción minúscula, se mueve con respecto a otros cúmulos galácticos. Finalmente, todas las galaxias del cúmulo galáctico Coma se hallan colectivamente en expansión respecto a los demás cúmulos galácticos. Respecto al Grupo Local de galaxias —del cual forma parte la Vía Láctea—, el cúmulo galáctico Coma se aleja a unos siete mil kilómetros por segundo. Este es el movimiento denominado expansión del universo que se deriva del big bang.

Cedida por William A. Baum, Equipo WFPC1 del telescopio *Hubble* y NASA.

# LAS GRANDES DEGRADACIONES

Un filósofo afirmó que conocía el secreto... Examinó a los dos extranjeros celestiales de la cabeza a los pies y les espetó en plena cara que sus personas, sus mundos, sus soles y sus estrellas fueron creados únicamente para el uso de los hombres. Ante tal afirmación, nuestros dos viajeros se dejaron caer uno contra otro, tomados por un ataque de... risa incontrolable.  
VOLTAIRE, *Micromegas*. Una historia filosófica (1752)

En el siglo XVII quedaba todavía alguna esperanza de que, aunque la Tierra no fuera el centro del universo, pudiera ser el único «mundo». Pero el telescopio de Galileo reveló que «la Luna no posee en modo alguno una superficie lisa y pulida» y que otros mundos podían tener «el mismo aspecto que la superficie de la Tierra». La Luna y los planetas dejaban constancia, sin lugar a dudas, de que tenían tanto derecho a ser considerados mundos como la Tierra, con sus montañas, cráteres, atmósferas, casquetes de hielo polar, nubes y, en el caso de Saturno, un deslumbrante e inédito conjunto de anillos circumplanetarios. Después de milenios de debate filosófico, el tema quedó definitivamente saldado en favor de «la pluralidad de mundos». Tal vez fueran profundamente distintos de nuestro planeta. Puede que ninguno de ellos fuera tan compatible con la vida. Pero, decididamente, la Tierra no era el único mundo.

Esta fue la siguiente en la serie de grandes degradaciones, de experiencias decepcionantes, de demostraciones de nuestra aparente insignificancia, heridas que la ciencia, en su búsqueda de confirmación a los hechos presentados por Galileo, infligió al orgullo humano.

*De acuerdo, concedieron algunos, pero aunque la Tierra no se encuentre en el centro del universo, el Sol sí. El Sol es nuestro Sol. Así pues, la Tierra se halla aproximadamente en el centro del universo.* Quizá de esta manera pudiera salvarse parte de nuestro orgullo. Sin embargo, en el siglo XIX la astronomía observacional había dejado bien claro que el Sol no es más que una estrella entre un enorme conjunto de soles autogravitatorios que recibe el nombre de galaxia Vía Láctea. Lejos de ocupar el centro de la galaxia, nuestro Sol, con su entorno de pálidos y minúsculos planetas, se encuentra ubicado en un sector indistinto de un oscuro brazo espiral. Nos encontramos a treinta mil años luz del centro.

*De acuerdo. Pero entonces nuestra Vía Láctea es la única galaxia.* La galaxia Vía Láctea es una entre miles de millones, quizá cientos de miles de millones de galaxias, y no se destaca ni por su dimensión ni por su brillo ni por cómo están

configuradas o dispuestas las estrellas que la conforman. Una fotografía moderna del fondo del cielo revela la existencia de más galaxias allende la Vía Láctea que estrellas dentro de la misma. Cada una de ellas constituye un universo isla que puede llegar a contener cien mil millones de soles. Una imagen así supone un profundo sermón sobre humildad.

*De acuerdo. Pero entonces, por lo menos, nuestra galaxia se encuentra en el centro del universo.* No, tampoco eso es cierto. Al principio, cuando se descubrió la expansión del universo, mucha gente asumió de forma natural la noción de que la Vía Láctea se hallaba en el centro de la expansión y todas las demás galaxias se alejaban de nosotros. Hoy sabemos que los astrónomos de cualquier otra galaxia verían también a todas las restantes alejándose de ellos; a menos que fueran muy meticulosos, todos concluirían que *ellos* se encuentran en el centro del universo. En realidad, la expansión *no* tiene centro, no hay punto de origen del big bang, al menos no en el espacio tridimensional ordinario.

*De acuerdo. Pero entonces, aunque existan cientos de miles de millones de galaxias, cada una de ellas compuesta de miles de millones de estrellas, no hay otra estrella que tenga planetas.* Si no existen otros planetas más allá de nuestro sistema solar, quizá no haya más vida que la humana en el universo. De ese modo, nuestra singularidad quedaría salvaguardada. Dado que los planetas son pequeños y brillan débilmente por el reflejo de la luz solar, son difíciles de encontrar. A pesar de que la tecnología aplicable progresa a una velocidad pasmosa, incluso un mundo gigante como Júpiter, orbitando alrededor de la estrella *más cercana*, Alfa Centauro, sería difícil de detectar. En nuestra ignorancia los geocentristas hallan esperanza.

Hubo una vez una hipótesis científica —no sólo fue bien recibida sino que llegó a ser predominante— que establecía que nuestro sistema solar se formó como consecuencia de una colisión cercana del antiguo Sol con otra estrella; la interacción de la marea gravitatoria arrancó emanaciones de polvo solar que se condensaron rápidamente formando planetas. Dado que el espacio se halla esencialmente vacío y las colisiones estelares cercanas son extraordinariamente raras, se llegó a la conclusión de que habían de ser muy pocos los demás sistemas planetarios existentes, quizá solamente uno, alrededor de esa otra estrella que mucho tiempo atrás cooriginó los mundos de nuestro sistema solar. En el curso de mis primeros estudios me sorprendió y decepcionó que alguna vez fuera tomada en serio una visión así, el hecho de que, en lo que hace referencia a planetas de otras estrellas, la ausencia de evidencia se considerara evidencia de ausencia.

Hoy en día contamos con una prueba bastante firme de la existencia de al menos tres planetas orbitando una estrella extremadamente densa, el pulsar clasificado como B 1257 + 12, sobre el cual volveré más adelante. Y hemos hallado, para más de la mitad de estrellas con masas similares a la del Sol, que al principio de sus vidas están rodeadas por grandes discos de gas y polvo a partir de los cuales parecen formarse los planetas. Otros sistemas planetarios son hoy un lugar común en el cosmos, quizá lo sean incluso mundos parecidos a la Tierra. En el transcurso de las próximas décadas deberíamos ser capaces de inventariar al menos los

planetas más grandes —si es que existen— de cientos de estrellas cercanas.

*De acuerdo. Pero si nuestra posición en el espacio no nos atribuye un rol especial, nuestra posición en el tiempo sí: hemos estado presentes en el universo desde el principio (día más, día menos). El Creador nos ha asignado unas responsabilidades especiales.* En otro tiempo parecía muy razonable pensar que el universo comenzó un poquito antes de que nuestra memoria colectiva quedara oscurecida por el paso del tiempo y la ignorancia de nuestros antepasados. Hablando en términos generales, hace de eso cientos o miles de años. Las religiones que implican una descripción del origen del universo suelen especificar —explícita o implícitamente— una fecha de origen aproximadamente de esa antigüedad, el aniversario del mundo.

Si sumamos las edades de todos los «patriarcas» que aparecen en el Génesis, por ejemplo, obtendremos la edad de la Tierra: seis mil años, poco más o menos. Ese es todavía el criterio de los fundamentalistas judíos, cristianos y musulmanes, y queda claramente reflejado en el calendario judío.

No obstante, un universo tan joven plantea una pregunta engorrosa: ¿Cómo es posible que existan objetos astronómicos a más de seis mil años luz de distancia? La luz tarda un año en cubrir un año luz, diez mil años en cubrir diez mil años luz, y así sucesivamente. Cuando observamos el centro de la galaxia Vía Láctea, la luz que detectamos abandonó su fuente treinta mil años atrás. La más cercana galaxia espiral como la nuestra, M 31, en la constelación de Andrómeda, se encuentra a dos millones de años luz de distancia, de modo que la estamos viendo cómo era cuando su luz inició el largo viaje hacia la Tierra, dos millones de años atrás. Y cuando contemplamos quasars que distan cinco mil millones de años luz, los estamos viendo tal como eran hace cinco mil millones de años, antes de que se formara la Tierra. (Hoy son, casi con certeza, muy diferentes.)

Si a pesar de todo ello hubiéramos de aceptar literalmente las verdades de esos libros sagrados, ¿cómo podríamos reconciliar los datos? La única conclusión plausible es, en mi opinión, que Dios se ha encargado recientemente de que todos los fotones de luz lleguen a la Tierra en un formato lo suficientemente coherente como para inducir a generaciones enteras de astrónomos a caer en el error de pensar que existen tales cosas como las galaxias y los quasars, conduciéndolos deliberadamente a la falsa conclusión de que el universo es vasto y antiguo. Se trata de una teología tan malévola, que todavía me cuesta creer que alguien —sea lo devoto que sea de la inspiración divina contenida en cualquier libro sagrado— pueda defenderla seriamente.

Aparte de eso, el fechado radiactivo de rocas, la abundancia de cráteres por impacto en muchos mundos, la evolución de las estrellas, así como la expansión del universo, proporcionan de por sí evidencias precisas e independientes de que nuestro universo tiene muchos miles de millones de años de edad, a pesar de las confiadas afirmaciones de reverenciados teólogos en el sentido de que un mundo tan antiguo contradice directamente la palabra de Dios y que, sea como fuere, la información referente a la antigüedad del mundo resulta inaccesible excepto para la fe.



San Agustín dice en *La ciudad de Dios*: «Como no han pasado seis mil años desde que el primer hombre... ¿no deben ser ridiculizados, más que rebatidos, los que tratan de convencernos de una antigüedad tan diferente, e incluso contraria, a la verdad establecida?... Nosotros, apoyados por la autoridad divina en la historia de nuestra religión, no tenemos duda de que todo lo que se opone a ella es falso en su mayor parte.» Tilda también de «mentira abominable» la antigua tradición egipcia que establece que el mundo tiene más de cien mil años. Santo Tomás de Aquino, en su *Suma teológica*, afirma categóricamente que «la antigüedad del mundo no puede ser demostrada por el propio mundo». Así de *seguros* estaban.

Dichas pruebas también deberían haber sido fabricadas por una deidad engañosa y maléfica, a menos que el mundo sea mucho más antiguo de lo que los literalistas de la religión judeocristiano-islámica suponen. Naturalmente, este problema no es tal para las muchas personas religiosas que manejan la Biblia y el Corán como guías históricas y morales y literatura sagrada, pero que reconocen que la perspectiva de dichas Escrituras en el mundo natural refleja lo rudimentario de la ciencia en la época en que fueron escritas.

Antes de que surgiera la Tierra transcurrió mucho tiempo. Y mucho tiempo transcurrirá antes de que se destruya. Es necesario efectuar una distinción entre la edad de la Tierra (alrededor de 4500 millones de años) y la edad del universo (unos quince mil millones de años desde el big bang). Del inmenso intervalo de tiempo entre el origen del universo y nuestra época, dos tercios se habían agotado con anterioridad a la formación de la Tierra. Algunas estrellas y sistemas planetarios son miles de millones de años más jóvenes, otros, miles de millones de años más viejos. Sin embargo en el Génesis, capítulo 1, versículo 1, el universo y la Tierra son creados el mismo día. La tradición hinduista-budista-jainista tiende a no confundir ambos acontecimientos.

Por lo que respecta a los seres humanos, somos recién llegados, aparecidos en el último instante del tiempo cósmico. La historia del universo hasta hoy había transcurrido en un 99,998% antes de que nuestra especie entrara en escena. Durante esa enorme extensión de eones no habríamos podido asumir ninguna responsabilidad especial sobre nuestro planeta, o nuestra vida o cualquier otra cosa. No estábamos aquí.

*De acuerdo. Pero si no podemos encontrar nada especial acerca de nuestra posición o de nuestra época, quizá nuestro movimiento tenga algo especial.* Newton y los demás físicos clásicos sostenían que la velocidad de la Tierra en el espacio constituía «un marco privilegiado de referencia». Así lo llamaron. Albert Einstein, un agudo crítico del prejuicio y el privilegio durante toda su vida, consideró esta física «absoluta» el remanente de un chauvinismo terrestre cada vez más desacreditado. En su opinión, las leyes de la Naturaleza deben ser las mismas independientemente de la velocidad o el punto de referencia del observador. Tomando esta máxima como base de partida, desarrolló la teoría especial de la relatividad. Sus consecuencias son extravagantes, violan la intuición y contradicen en gran medida el sentido común, pero solamente a velocidades muy elevadas. Observaciones rigurosas y repetidas demuestran que esta justamente celebrada teoría constituye una

descripción precisa de cómo está constituido el mundo. Las intuiciones de nuestro sentido común pueden ser erróneas. Nuestras preferencias no cuentan. No vivimos en un marco privilegiado de referencia.

Una consecuencia de la relatividad especial es la dilatación del tiempo, la deceleración del tiempo a medida que el observador se aproxima a la velocidad de la luz. Todavía hay quien opina que la dilatación del tiempo se da en relojes y partículas elementales y, presumiblemente, en ritmos circadianos y otros ritmos en plantas, animales y microbios, pero no en los relojes biológicos humanos. A nuestra especie le ha sido otorgada, se sugiere, una inmunidad especial frente a las leyes de la Naturaleza, la cual debe, en consecuencia, ser capaz de distinguir entre conjuntos de materia que las merecen y otros que no las merecen. (De hecho, la prueba que aportó Einstein de la relatividad especial no admite tales distinciones.) La idea de que los seres humanos constituyen excepciones a la relatividad parece otra encarnación de la noción de la creación especial.

*De acuerdo. Pero aunque nuestra posición, nuestra edad, nuestro movimiento y nuestro mundo no sean únicos, quizá nosotros lo seamos. Nosotros somos distintos de los demás animales, Hemos sido creados de forma especial, la devoción particular del Creador del universo queda patente en nosotros.* Esta postura fue apasionadamente defendida en el ámbito religioso y en otros. No obstante, a mediados del siglo XIX Charles Darwin demostró de manera convincente cómo una especie puede evolucionar hasta dar lugar a otra mediante procesos enteramente naturales, que llegan a rebajarse hasta la despiadada tarea de la Naturaleza de salvar las herencias que funcionan y descartar las que no lo hacen. «En su arrogancia, el hombre se considera una obra grandiosa, digna de la intervención de una deidad —escribió telegráficamente Darwin en su cuaderno de notas—. Es más humilde y, en mi opinión, más cierto considerarle creado a partir de los animales.» Las íntimas y profundas conexiones de la especie humana con otras formas de vida sobre la Tierra han sido irrefutablemente demostradas a fines del siglo XX por la nueva disciplina científica de la biología molecular.

En cada época los chauvinismos autocomplacientes son puestos en tela de juicio en ámbitos distintos del debate científico; en este siglo, por ejemplo, ello ha ocurrido a raíz de diversas tentativas por comprender la naturaleza de la sexualidad humana, la existencia de la mente inconsciente y el hecho de que muchos trastornos psiquiátricos y «defectos» del carácter humano tienen un origen molecular. Pero, aun así:

*De acuerdo. Pero incluso si estamos íntimamente relacionados con algunos de los demás animales, somos diferentes —no sólo en rango, sino en género— en lo que realmente interesa: raciocinio, autoconciencia, fabricación de herramientas, ética, altruismo, religión, lenguaje, nobleza de carácter.* Si bien es cierto que los seres humanos, al igual que todos los animales, poseen características que los diferencian —de otro modo, ¿cómo podríamos distinguir una especie de otra?—, la singularidad humana se ha exagerado, en ocasiones enormemente. Los chimpancés razonan, son autoconscientes, fabrican herramientas, demuestran devoción, etcétera.

Chimpancés y seres humanos tienen un 99,6 % de sus genes activos en común. (Ann Druyan y yo examinamos esta evidencia en nuestro libro *Sombras de antepasados olvidados*.)

En la cultura popular se esgrime también la postura contraria, aunque también viene condicionada por el chauvinismo humano (y por un fracaso de la imaginación): los cuentos y dibujos animados infantiles presentan a los animales vestidos, viviendo en casas, comiendo con cuchillo y tenedor y hablando. Los tres ositos duermen en camas. La lechuza y el gatito salen a la mar en una bonita barca de color verde. La mamá dinosaurio mima a sus pequeños. Los pelícanos reparten el correo. Los perros conducen coches. Un gusano atrapa a un ladrón. Los animales domésticos llevan nombres humanos. Muñecas, cascanueces, tazas y platitos bailan y expresan opiniones. El plato se escapa con la cuchara. En la serie *Thomas the Tank Engine* aparecen incluso locomotoras y vagones de tren antropomórficos, exquisitamente diseñados. No importa lo que pensemos al respecto, tenemos tendencia a investirlo todo, animado o inanimado, con rasgos humanos. No podemos evitarlo. Las imágenes acuden de inmediato a nuestra mente. Es evidente que a los niños les encanta.

Cuando hablamos de la «ira» del cielo, la «agitación» del mar, la «resistencia» de los diamantes a ser tallados, la «atracción» que ejerce la Tierra sobre un asteroide cercano o la «excitación» de un átomo, de nuevo pensamos en una especie de visión animista del mundo. Estamos atribuyendo existencia real a objetos inertes. Algún nivel primitivo de nuestro pensamiento dota a la Naturaleza inanimada de vida, pasiones y premeditación.

La noción de que la Tierra tiene espíritu propio se ha desarrollado últimamente bajo los auspicios de la hipótesis de la «Gaya». No obstante, era una creencia común, tanto entre los antiguos griegos como entre los cristianos primitivos. Orígenes se preguntaba si «la Tierra es también, de acuerdo con su propia naturaleza, responsable de algún pecado». Muchos de los estudiosos antiguos pensaban que las estrellas estaban vivas, y esa era, asimismo, la postura de Orígenes, de san Ambrosio (el mentor de san Agustín) e incluso, de una forma más cualificada, de santo Tomás de Aquino. La postura filosófica de los estoicos acerca de la naturaleza del Sol fue resumida por Cicerón en el siglo I a. J.C.: «Puesto que el Sol se parece a los fuegos contenidos en los cuerpos de las criaturas vivientes, el Sol también debe de estar vivo.»

Existen algunas evidencias de que, en general, las actitudes animistas se están extendiendo en los últimos tiempos. En un estudio americano de 1954, el 75 % de las personas encuestadas estaban dispuestas a afirmar que el Sol no tiene vida; en 1989, en cambio, solamente el 30 % de los interrogados apoyaban tan arriesgada afirmación. A la pregunta de si una rueda de automóvil podía sentir, un 90 % respondieron en sentido negativo en 1954, pero ese porcentaje bajó a un 73 % en 1989.

Reconocemos en ello una disminución –bastante seria en algunas circunstancias– de nuestra habilidad para comprender el mundo. De forma

característica, nos guste o no, parecemos abocados a proyectar nuestra propia naturaleza sobre la Naturaleza. Si bien ello puede tener como consecuencia una seria distorsión en nuestra visión del mundo, conlleva una gran virtud: la proyección es una premisa esencial para la compasión.

*De acuerdo, quizá no seamos gran cosa, puede que estemos humillantemente emparentados con los simios, pero por lo menos somos lo mejor que existe. Exceptuando a Dios y a los ángeles, somos los únicos seres inteligentes del universo.* Un corresponsal me escribe lo siguiente: «Estoy tan seguro de esto como de que estoy vivo. No existe vida consciente en ninguna otra parte del universo.» Sin embargo, en parte gracias a la influencia de la ciencia y de la ciencia ficción, hoy la mayoría de la gente, al menos en Estados Unidos, rechaza tal afirmación por razones que, en esencia, estableció el filósofo griego antiguo Crisipo: «Para todo ser humano, pensar que en todo el mundo no hay nada superior a él supondría un acto de insana arrogancia.»

Pero el hecho es que hasta ahora no hemos encontrado vida extraterrestre. Ciertamente que nos hallamos en las primeras fases de búsqueda. La cuestión está todavía completamente abierta. Si yo tuviera que aventurar una opinión — especialmente teniendo en cuenta nuestra larga secuencia de fracasados chauvinismos—, diría que el universo está repleto de seres mucho más inteligentes, mucho más avanzados que nosotros. Naturalmente, podría equivocarme. Esta conclusión, en el mejor de los casos, está basada en un razonamiento de verosimilitud, derivado del número de planetas, de la ubicuidad de la materia orgánica, de las inmensas cantidades de tiempo disponibles para la evolución, etcétera. No se trata de una demostración científica. Este problema se cuenta entre los más fascinantes de toda la ciencia. Tal como describe este libro, estamos empezando a desarrollar las herramientas necesarias para abordarlo con seriedad.

¿Y qué hay del tema de si somos capaces de crear intelectos más perfectos que el nuestro? Los ordenadores solucionan rutinariamente problemas matemáticos que un ser humano no es capaz de afrontar sin ayuda, crean campeones mundiales en el juego de las damas y grandes maestros de ajedrez, hablan y comprenden el inglés y otros idiomas, escriben relatos y composiciones musicales presentables, aprenden de sus errores y pilotan de manera competente barcos, aviones y naves espaciales. Sus habilidades progresan constantemente. Cada vez son más pequeños, más rápidos y más baratos. Todos los años la marea del progreso científico gana terreno a las playas de la isla de la singularidad del intelecto humano, con sus naufragos fortificados. Si en un estadio tan temprano de nuestra evolución tecnológica hemos sido capaces de llegar tan lejos a la hora de crear inteligencia a partir de metal y silicón, ¿qué no será posible en las décadas y siglos por venir? ¿Qué ocurre cuando máquinas ingeniosas son capaces de fabricar máquinas aún más ingeniosas?

Quizá la indicación más clara de que la búsqueda de una inmerecida posición privilegiada para el ser humano no será nunca abandonada del todo reside en lo que en física se denomina el principio antrópico. Debería llamarse con mayor



quince mil millones de años atrás es solamente la cúspide más reciente en una serie infinita de contracciones y expansiones —, entonces nunca fue creado y la pregunta de por qué es como es no tiene ningún sentido.

Si, por otra parte, el universo tiene una edad finita, ¿por qué es como es? ¿Por qué no le fueron dadas unas características completamente distintas? ¿Qué leyes de la Naturaleza van asociadas a qué otras? ¿Existen metaleyas que especifiquen dichas conexiones? ¿Está en nuestras manos descubrirlas? De todas las leyes concebibles de la gravedad, por ejemplo, ¿cuáles tienen «permiso» para existir simultáneamente con qué leyes concebibles de la física cuántica que determinan la existencia misma de la materia macroscópica? ¿Son posibles todas las leyes que podamos imaginar o bien sólo un restringido número de ellas puede, de algún modo, llegar a existir? Está claro que no tenemos la más mínima idea de cómo determinar qué leyes de la Naturaleza son «posibles» y cuáles no. Tampoco tenemos más que una noción extremadamente rudimentaria de qué correlaciones de las leyes naturales están «permitidas».

Por ejemplo, la ley de la gravedad universal de Newton especifica que la fuerza gravitacional mutua que atrae a dos cuerpos entre sí es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre ambos. Si nos desplazamos a doble distancia del centro de la Tierra, pesaremos un cuarto menos; si nos desplazamos diez veces más lejos, pesaremos solamente una centésima parte de nuestro peso ordinario; y así sucesivamente. Es esta ley del cuadrado inverso la que da lugar a las delicadas órbitas circulares y elípticas de los planetas alrededor del Sol, y de las lunas alrededor de los planetas, así como a la precisión de las trayectorias de nuestros vuelos interplanetarios. Si  $r$  equivale a la distancia entre los centros de dos masas, decimos que la fuerza gravitacional varía en la relación de  $1/r^2$ .

Pero si este exponente fuera distinto —si la ley de la gravedad fuera  $1/r^4$ , pongamos por caso, en lugar de  $1/r^2$ —, las órbitas no llegarían a cerrarse; durante miles de millones de revoluciones los planetas se irían moviendo en espiral hacia dentro hasta ser consumidos en las feroces profundidades del Sol, o bien lo harían hacia afuera y se perderían en la inmensidad del espacio interestelar. Si el universo estuviera gobernado por una ley de la cuarta potencia inversa en lugar de una ley del cuadrado inverso, pronto no quedarían planetas que pudieran habitar los seres vivientes.

Así pues, con todas las leyes de la fuerza de la gravedad posibles, ¿cómo somos tan afortunados de vivir en un universo que presenta una ley compatible con la vida? En primer lugar, naturalmente, somos tan «afortunados», porque si no lo fuéramos no estaríamos aquí para plantear la cuestión. No es ningún misterio que seres inquisitivos que se desarrollan sobre planetas solamente pueden ser hallados en universos que admitan la existencia de planetas. En segundo lugar, la ley del cuadrado inverso *no es* la única compatible con la estabilidad a lo largo de miles de millones de años. Cualquier ley potencial menos pronunciada que  $1/r^3$  ( $1/r^{2.99}$  o  $1/r$ , por ejemplo) mantendrá a un planeta en la *proximidad* de una órbita circular, incluso aunque reciba algún impacto. Tenemos tendencia a pasar por alto la

posibilidad de que otras leyes concebibles de la Naturaleza sean también compatibles con la vida.

Pero hay otro matiz. No es arbitrario que tengamos una ley del cuadrado inverso de la gravedad. Cuando tomamos la teoría de Newton en los términos más amplios de la teoría de la relatividad general, reconocemos que el exponente de la ley de la gravedad es dos porque el número de dimensiones físicas en las que vivimos es tres. No todas las formas de la ley de la gravedad están disponibles para someterse a la elección de un Creador. Incluso dado un número infinito de universos tridimensionales para que un dios grandioso los maneje a su antojo, la ley de la gravedad siempre habría de ser la ley del cuadrado inverso. La gravedad newtoniana, podríamos decir, no es una faceta casual sino necesaria de nuestro universo.

En la relatividad general, la gravedad es *debida* a la dimensionalidad y a la curvatura del espacio. Cuando hablamos de gravedad, hablamos de irregularidades locales en el espacio-tiempo. Ello no resulta obvio en absoluto, sino que más bien contradice nociones de sentido común. Pero, analizadas en profundidad, las ideas de gravedad y masa no son cuestiones separadas, más bien son ramificaciones de la misma geometría subyacente del espacio-tiempo.

Me pregunto si algo de este estilo no podría aplicarse en general a todas las hipótesis antrópicas. Las leyes o constantes físicas de que depende nuestra vida forman parte de una categoría, quizá incluso de una amplia categoría, de leyes y constantes físicas, algunas de las cuales son también compatibles con algún tipo de vida. A menudo no investigamos (o no está en nuestras manos averiguar) lo que permiten esos otros universos. Aparte de eso, puede que no toda elección arbitraria de una ley de la Naturaleza o de una constante física sea posible, ni siquiera para un creador de universos. Nuestra comprensión acerca de qué leyes de la Naturaleza y qué constantes físicas se hallan disponibles es, en el mejor de los casos, fragmentaria.

Además, no tenemos acceso a ninguno de esos universos putativos alternativos. No contamos con ningún método experimental para poner a prueba las hipótesis antrópicas. Aunque la existencia de dichos universos hubiera de ser firmemente constatada empleando teorías probadas —por ejemplo, la de la mecánica cuántica o de la gravedad—, no podríamos estar seguros de que no hubiera teorías mejores que postularan que no existen universos alternativos. Hasta que llegue ese día, si es que ha de llegar alguna vez, me parece prematuro confiar en el principio antrópico como argumento en favor de la centralidad y singularidad de la especie humana. Hay algo sorprendentemente obtuso en la formulación del Principio Antrópico. En efecto, solamente determinadas leyes y constantes de la Naturaleza son compatibles con nuestra clase de vida. Pero, en esencia, son necesarias las mismas leyes y constantes para formar una roca. Así pues, ¿por qué no hablar de un universo diseñado para que, al cabo del tiempo, puedan llegar a existir las rocas, y de principios líticos débiles y fuertes? Si las piedras pudieran filosofar, supongo que los principios líticos serían considerados el no va más de la

intelectualidad.

Y, finalmente, aunque el universo hubiera sido creado intencionadamente para dar lugar a la emergencia de seres vivientes o inteligentes, puede haberlos en incontables mundos. De ser así, constituiría un consuelo de tontos para antropocentristas pensar que habitamos uno de los pocos universos que permiten la vida y la inteligencia.

Hoy en día se están formulando modelos cosmológicos en los que ni siquiera el conjunto del universo es considerado algo especial. Andrei Linde, en otros tiempos en el Instituto Físico Lebedev, en Moscú, y que actualmente trabaja en la Universidad de Stanford, ha incorporado la interpretación común de las fuerzas nucleares fuertes y débiles a un nuevo modelo cosmológico. Linde imagina un cosmos vastísimo, más grande que nuestro universo —quizá extendiéndose hasta el infinito, tanto en el espacio como en el tiempo—, no los despreciables quince mil millones de años luz de radio y los quince mil millones de años de edad que se le atribuyen por norma general. En ese cosmos existe, como en el nuestro, una especie de espuma cuántica en la que por todas partes se forman, reforman y disipan unas estructuras minúsculas, mucho más pequeñas que un electrón; en dicho cosmos, como aquí, las fluctuaciones en un espacio completamente vacío crean pares de partículas elementales, un electrón y un positrón, por ejemplo. En el seno de esa espuma de burbujas de cuanto, la gran mayoría de ellas permanecen en un estadio submicroscópico. No obstante, una ínfima fracción de las mismas se infla, crece y adquiere una universalidad respetable. Pero se encuentran tan lejos de nosotros —mucho más alejadas que los quince mil millones de años luz que constituyen la escala convencional de nuestro universo— que, si existen, resultan completamente inaccesibles e indetectables.

Muchos de esos otros universos alcanzan un tamaño máximo y luego se colapsan, se contraen hasta quedar reducidos a un punto y luego desaparecen para siempre. Otros pueden oscilar. Y aun hay otros que pueden expandirse sin límite. En universos distintos habrá leyes de la Naturaleza diferentes. Nosotros vivimos, argumenta Linde, en uno de esos universos, un universo donde la física es compatible con crecimiento, inflamamiento, expansión, galaxias, estrellas, mundos, vida. Imaginamos que nuestro universo es único, pero no es más que uno entre un número inmenso —quizá infinito— de universos igualmente válidos, igualmente independientes, igualmente aislados. En algunos habrá vida, en otros no. De acuerdo con esta visión\*, el universo observable no es más que un confín recién formado de un cosmos mucho más vasto, infinitamente viejo y enteramente inobservable. Si algo de eso es cierto, incluso nuestro orgullo residual —descolorido como debe de estar— de vivir en el único universo existente nos es negado.

---

\* Para expresar ideas así, las palabras tienden a fallarnos. El término alemán para designar el universo es (*das*) *All* (el Todo), que deja bien patente la inclusividad. Podríamos decir que nuestro universo no es más que uno en un «multiverso», pero yo prefiero emplear la palabra «cosmos» para el todo y «universo» para el único que podemos conocer.



Puede que algún día, a despecho de la evidencia común, llegue a diseñarse un medio para penetrar en universos adyacentes, con unas leyes de la naturaleza muy diferentes, y entonces veremos qué otras cosas son posibles. O quizá habitantes de dichos universos puedan llegar a alcanzar el nuestro. Naturalmente, con este tipo de especulaciones hemos transgredido ampliamente los límites del conocimiento. Pero si algo parecido al cosmos de Linde es cierto, sorprendentemente nos aguarda todavía otra desprovincialización devastadora.

Nuestros poderes se hallan lejos de ser los apropiados para crear universos en un futuro próximo. Las ideas del principio antrópico fuerte no pueden ser demostradas (si bien la cosmología de Linde sí contiene algunos rasgos demostrables). Dejando aparte la vida extraterrestre, si las pretensiones autocomplacientes de centralidad se han atrincherado hoy en bastiones empíricamente impenetrables, entonces toda la secuencia de batallas científicas contra el chauvinismo humano parece, al menos en gran medida, ganada.

La antigua visión, tal como la resume el filósofo Immanuel Kant, de que «sin el hombre... toda la Creación no sería más que un desierto, un acto en vano que no tendría finalidad última», se revela como un disparate de autoindulgencia. Un Principio de Mediocridad parece aplicable a todas nuestras circunstancias. No podíamos saber de antemano que la evidencia se revelaría, de forma tan repetida y convincente, incompatible con la noción de que los seres humanos ocupamos un lugar central en el universo. Pero hoy la mayoría de los debates se han decantado decisivamente en favor de una postura que, aunque nos resulte penosa de aceptar, puede resumirse en una sola frase: no nos ha sido otorgado el papel principal en el drama cósmico.

Quizá se lo hayan dado a otros. Tal vez a nadie. En cualquier caso, tenemos buenas razones para ser humildes.

# EL UNIVERSO NO SE HIZO PARA NOSOTROS

El Mar de la Fe  
estuvo también, en su día, lleno hasta los topes,  
y se mecía a lo largo de la orilla terrestre  
como los pliegues de una brillante banda ondulada.  
Pero ahora oigo solamente  
su largo, melancólico y lejano rugido,  
al retirarse en pos del aliento del viento nocturno,  
al descender por los vastos márgenes del mundo  
lóbregos y desnudos guijarros.  
MATTHEW ARNOLD, «Dover Beach» (1867)

«¡Qué bonito crepúsculo!», exclamamos, o bien «Me levanto antes del amanecer». No importa lo que afirmen los científicos, en el lenguaje cotidiano solemos ignorar sus hallazgos. No decimos que la Tierra gira, sino que el Sol sale y se pone. Tratemos de formularlo en términos copernicanos. ¿Diríamos acaso: «Billy, estarás de vuelta en casa cuando la Tierra haya rotado lo suficiente como para ocultar al Sol bajo el horizonte local»? Billy se habría marchado mucho antes de que hubiéramos terminado de hablar. No hemos sido capaces de dar con una frase elegante que transmita apropiadamente el discernimiento heliocéntrico. La idea\* de que nosotros nos hallamos en el centro y todo lo demás gira a nuestro alrededor se ha incorporado a nuestras lenguas y la enseñamos a nuestros hijos. Somos geocentristas retrógrados, ocultos bajo un barniz copernicano.

En 1633 la Iglesia católica romana condenó a Galileo por postular que la Tierra gira alrededor del Sol. Vale la pena analizar la famosa controversia con mayor atención. En el prefacio del libro donde comparaba ambas hipótesis —la de la Tierra en el centro del Universo y la que atribuye ese lugar al Sol—, Galileo escribe:

Los fenómenos celestes serán analizados reforzando la hipótesis copernicana, hasta que quede claro que ésta debe triunfar de forma absoluta.

Y más adelante, en su libro, confiesa:

---

\* Una de las pocas expresiones casi-copernicanas en inglés y en castellano es: «El universo no gira a tu alrededor», una verdad astronómica que pretende hacer bajar de nuevo a la Tierra a narcisistas novatos.

Nunca podré admirarlos lo suficiente [a Copérnico y sus seguidores]; mediante pura fuerza del intelecto riñeron hasta tal punto con su sentido común como para preferir lo que les dictaba la razón a lo que la experiencia responsable les mostraba claramente.

En el auto de acusación de Galileo, la Iglesia declaró:

La doctrina de que la Tierra no se halla en el centro del universo ni está inmóvil sino que gira, incluso en una rotación diaria, es absurda; es falsa desde el punto de vista psicológico y teológico y constituye, cuando menos, una ofensa a la fe.

Galileo respondió:

Se condena la doctrina que postula que la Tierra se mueve y el Sol está fijo, porque las Escrituras mencionan en muchos pasajes que el Sol se mueve y la Tierra permanece fija... Afirman los piadosos que las Escrituras no pueden mentir. Pero nadie negará que con frecuencia son abstrusas y su verdadero significado difícil de comprender; su importancia va más allá de las meras palabras. Opino que, en la discusión de los problemas naturales, no deberíamos empezar por las Escrituras, sino por los experimentos y las demostraciones.

No obstante, en su retractación (22 de junio de 1633), Galileo fue obligado a afirmar:

Habiendo sido amonestado por el Sagrado Oficio para que abandone por completo la falsa opinión de que el Sol se halla en el centro del universo y está inmóvil y de que la Tierra no ocupa el centro del mismo sino que se mueve... he sido... sospechoso de herejía, es decir, de haber manifestado y creído que el Sol es el centro del universo y está fijo, y que la Tierra no ocupa el centro del mismo sino que gira... Yo abjuro con toda sinceridad y con genuina fe, execro y detesto los mismos pecados y herejías y, en general, todas y cada una de las ofensas y sectas contrarias a la Santa Iglesia católica.

Hasta 1832 la Iglesia no consintió en borrar el trabajo de Galileo de la lista de libros cuya lectura quedaba prohibida a los católicos bajo riesgo de horribles castigos para sus inmortales almas.

El desasosiego pontificio frente a la ciencia moderna ha subido y bajado como la marea desde los tiempos de Galileo. Las aguas llegaron al nivel más alto de la historia reciente en el año 1864, con el *Syllabus errorum* de Pío IX, el Papa que convocó también el Concilio Vaticano, en el cual, por primera vez y ante su insistencia, fue proclamada la doctrina de la infalibilidad papal. He aquí algunos pasajes:

La revelación divina es perfecta y, por ello, no está sujeta a un progreso continuo e indefinido a fin de equipararla con el progreso humano... Ningún hombre es libre de abrazar y profesar la religión que crea verdadera, guiado por la luz de la razón... La Iglesia tiene poder para definir dogmáticamente que la religión de la Iglesia católica es la única religión verdadera... Es necesario, incluso en el día de hoy, que la religión católica sea considerada la única religión del Estado, excluyendo todas las demás

formas de devoción... La libertad civil para elegir el tipo de fe y la concesión de poder absoluto a todos para manifestar abierta y públicamente sus ideas y opiniones conduce con mayor facilidad a la corrupción moral y mental de las personas... El Pontífice romano no puede ni debe reconciliarse ni estar de acuerdo con el progreso, el liberalismo y la civilización moderna.

En aras de su buen nombre, si bien con retraso y a regañadientes, en 1992 la Iglesia repudió su denuncia de Galileo. Sin embargo, todavía hoy no se resigna del todo a reconocer la importancia que revistió en su día la oposición que ejerció. En un discurso de 1992, el Papa Juan Pablo II adujo:

Desde los comienzos de la época de la Ilustración hasta nuestros días, el caso de Galileo ha constituido una especie de «mito», en torno al cual la imagen fabricada de los acontecimientos se ha alejado bastante de la realidad. En esta perspectiva, el caso de Galileo fue un símbolo del supuesto rechazo, por parte de la Iglesia católica, del progreso científico, o bien del «oscurantismo» dogmático opuesto a la libre búsqueda de la verdad.

No obstante, sin duda el hecho de que la Santa Inquisición condujera al anciano y enfermizo Galileo a inspeccionar los instrumentos de tortura en las mazmorras de la Iglesia no solamente admite, sino que requiere con justicia una interpretación así. No se trataba de cautela y reserva frente a la ciencia, de renuencia a cambiar de paradigma hasta disponer de evidencias probadas, como en el caso del paralaje anual. Era puro temor a la discusión y al debate. La censura de visiones alternativas y la amenaza de torturar a sus defensores revelan una falta de fe en la propia doctrina y los mismos feligreses que ostensiblemente están siendo protegidos. ¿Para qué habían de servir las amenazas y el arresto domiciliario de Galileo? ¿Acaso no puede la verdad defenderse a sí misma en su confrontación con el error?

A pesar de ello, el Papa añade:

El error de los teólogos de la época al defender la centralidad de la Tierra residió en pensar que nuestra comprensión de la estructura física del mundo nos venía impuesta, en cierto modo, por el sentido literal de las Sagradas Escrituras.

Con ello, verdaderamente, se ha efectuado un progreso considerable, a pesar de que los defensores de doctrinas fundamentalistas quedarán angustiados al escuchar de boca del Pontífice que las Sagradas Escrituras no siempre son literalmente ciertas.

Pero si lo que contiene la Biblia no es verdad punto por punto, ¿qué partes son fruto de la inspiración divina y cuáles son meramente falibles y humanas? Además, si admitimos que las Escrituras contienen errores (o concesiones a la ignorancia de los tiempos), entonces ¿cómo puede ser la Biblia una guía infalible para la ética y la moral? ¿Deberán, a partir de ahora, las sectas y los individuos aceptar como auténticas las partes de la Biblia que más les gusten y rechazar aquellas que no les convengan o les resulten onerosas? La prohibición de matar,

por ejemplo, es esencial para que una sociedad pueda funcionar, pero si se llegara a considerar improbable el castigo divino por dicho pecado, ¿no habría más gente que pensara que podía salir indemne de dicho delito?

Eran muchos los que opinaban que Copérnico y Galileo no hacían nada bueno y por contra erosionaban el orden social. Ciertamente, cualquier cuestionamiento, proceda de donde proceda, de la verdad literal de la Biblia podría acarrear este tipo de consecuencias. Así pues, queda claro cómo empezó la ciencia a poner nerviosa a la gente. En lugar de criticar a aquellos que perpetuaban los mitos, el rencor público se dirigió hacia quienes los desacreditaban.

Nuestros antepasados concebían los orígenes extrapolando a partir de su propia experiencia. ¿Cómo iban a hacerlo de otro modo? Así pues, el universo surgió de un huevo cósmico o fue concebido mediante el ayuntamiento carnal de una diosa madre y un dios padre o bien fue un producto manufacturado en los talleres de Dios, quizá el último de un sinnúmero de intentos fracasados. Y el universo no era mucho más grande de lo que vemos, ni mucho más viejo de lo que alcanzan nuestros registros escritos y orales, ni demasiado distinto en ninguna de sus partes de los lugares que conocemos.

En nuestras cosmologías hemos tenido tendencia a plasmar las cosas de tal modo que nos resultaran familiares. A pesar de todos nuestros esfuerzos, no hemos hecho gala de mucha inventiva. En Occidente, el cielo es plácido y confortable y el infierno es parecido al interior de un volcán. En muchas historias ambos reinos se hallan gobernados por jerarquías dominantes, encabezadas por dioses y demonios. Los monoteístas hablaban del Rey de Reyes. En cada cultura hemos imaginado algo parecido a nuestro propio sistema político dirigiendo el universo. Pocos encontraron sospechosa dicha semejanza.

Luego llegó la ciencia y nos enseñó que nosotros no somos la medida de todas las cosas, que existen maravillas jamás imaginadas, que el universo no está obligado a ajustarse a lo que nosotros consideramos cómodo o plausible. Algo hemos aprendido acerca de la naturaleza idiosincrática de nuestro sentido común. La ciencia ha encaramado a la autoconciencia humana a un nivel más elevado. Se trata sin duda de un rito de paso, un paso hacia la madurez. Contrasta severamente con la puerilidad y narcisismo de nuestras nociones precopernicanas.

Pero ¿por qué hemos de empeñarnos en pensar que el universo fue hecho para nosotros? ¿Por qué resulta tan atractiva esa idea? ¿Por qué seguimos alimentándola? ¿Es tan precaria nuestra autoestima que no podemos conformarnos con nada inferior a un universo hecho a nuestra medida?

Naturalmente, la cuestión apela a nuestra vanidad. «Lo que un hombre desea, también lo imagina como cierto», dijo Demóstenes. «La luz de la fe nos hace ver lo que creemos», admitió alegremente santo Tomás de Aquino. No obstante, yo creo que debe de haber algo más. Entre los primates se da una especie de etnocentrismo. Desarrollamos amor y lealtad apasionados hacia el grupo en el que nacemos, por pequeño que éste sea. Los miembros de otros grupos no llegan a ser dignos ni de desprecio, y merecen nuestro rechazo y hostilidad. El hecho de que

ambos grupos pertenezcan a la misma especie, que sean prácticamente indistinguibles a los ojos de un observador externo, no tiene ninguna importancia. Ese es sin duda el modelo vigente entre los chimpancés, nuestros parientes más cercanos del reino animal. Ann Druyan y yo describimos cómo esta manera de concebir el mundo pudo tener un enorme sentido evolutivo hace algunos millones de años, a pesar de lo peligrosa que se ha vuelto en la actualidad. Incluso los miembros de tribus de cazadores y recolectores —tan alejados de las hazañas tecnológicas de nuestra civilización global actual— describen solemnemente a su pequeño grupo, sea el que sea, como «la gente». Todos los demás son diferentes, ni siquiera llegan a humanos.

Si es ésta nuestra forma natural de contemplar el mundo, no debe sorprendernos que cada vez que formulamos una opinión ingenua acerca de nuestro lugar en el universo —un juicio que no haya sido moderado por un cuidadoso y escéptico análisis científico— optemos casi siempre por la centralidad de nuestro grupo y circunstancia. Por si fuera poco, queremos creer que éstos son los hechos objetivos, y no nuestros prejuicios que buscan un desahogo sancionado.

Así pues, no debe hacer mucha gracia escuchar incesantemente a una cuadrilla de científicos arengándonos con afirmaciones del tipo: «Somos de lo más común, no tenemos importancia, nuestros privilegios son inmerecidos, no somos nada especial.» Al poco tiempo, incluso las personas más pacíficas podrían irritarse por causa del conjuro y con aquellos que insisten en pronunciarlo. Casi parece como si los científicos obtuvieran una rara satisfacción en el desaire de la especie humana. ¿Por qué no encuentran algún modo de presentarnos como superiores? ¡Que eleven nuestra moral! ¡Que nos exalten! En esta clase de debates, la ciencia, con su *mantra* de desánimo, se nos antoja fría y remota, desapasionada, indiferente, insensible a las necesidades humanas.

Y, de nuevo, si no somos importantes, ni centrales, ni somos «la niña de los ojos» de Dios, ¿qué implica eso para nuestros códigos morales fundados en la teología? El descubrimiento de nuestro verdadero valor en el cosmos se vio frustrado durante tanto tiempo y hasta tal punto que muchos vestigios de aquel debate todavía persisten y, en ocasiones, han salido a la luz los motivos de los geocentristas. He aquí, por ejemplo, un revelador comentario, sin firma, aparecido en la revista británica *The Spectator* en el año 1892:

Es del todo cierto que el descubrimiento del movimiento helio céntrico de los planetas, que relegó a la Tierra a su adecuada «insignificancia» en el sistema solar, tuvo gran influencia en la reducción a una «insignificancia» similar —aunque muy lejos de ser apropiada— de los principios morales por los cuales se habían guiado y moderado hasta entonces las razas predominantes de la Tierra. Parte de ese efecto fue debido, sin duda, a la evidencia que proporcionó el hecho de que la ciencia física de diversos e inspirados autores fuese errónea en lugar de ser infalible, una convicción que socavó también, indebidamente, la confianza que se tenía en sus enseñanzas morales y religiosas. Sin embargo, buena parte de ello es únicamente atribuible a la sensación de «irrelevancia» con que el hombre se ha contemplado a sí mismo desde que descubrió que no habita más que un oscuro rincón del universo,

en lugar de un mundo central alrededor del cual giran el Sol, la Luna y las estrellas. No puede haber duda de que el hombre puede sentirse, y se ha sentido a menudo, demasiado insignificante para ser objeto de cualquier enseñanza o cuidado divino particular. Si contempláramos la Tierra como una especie de hormiguero, y la vida y la muerte de los seres humanos como la vida y la muerte de tantas hormigas que entran y salen de un sinnúmero de agujeros en busca de comida y luz solar, a buen seguro no otorgaríamos la importancia adecuada a las tareas de la vida humana y asociaríamos al esfuerzo humano un profundo fatalismo y desesperanza, en lugar de abordarlo con esperanza renovada.

Al menos por el momento, nuestros horizontes son lo suficientemente amplios...; hasta que logremos habituarnos a los infinitos horizontes con que ya contamos, y no perdamos con tanta frecuencia el equilibrio al contemplarlos, es prematuro anhelar horizontes más amplios.

¿Qué buscamos realmente en la filosofía y la religión? ¿Paliativos? ¿Terapia? ¿Consuelo? ¿Buscamos fábulas tranquilizadoras o la comprensión de nuestras circunstancias reales? Consternarnos porque el universo no se ajusta a nuestras preferencias parece una puerilidad. Uno podría pensar que los adultos se sentirían avergonzados de publicar sus frustraciones. La forma elegante de hacerlo no pasa por echar la culpa al universo —lo cual realmente no tiene ningún sentido—, sino que más bien habría que echarla al medio a través del cual conocemos el universo, es decir, la ciencia.

En el prólogo a su obra *Santa Juana*, George Bernard Shaw describió a la ciencia como disciplina que abusa de nuestra credulidad, nos impone una visión extraña del mundo, intimida a la religión:

En la Edad Media, la gente creía que la Tierra era plana, para lo cual contaban al menos con la evidencia que les proporcionaban los sentidos: nosotros creemos que es redonda, y no porque un nimio uno por ciento de entre nosotros pueda aducir las razones de la física que explican tan peregrina creencia, sino porque la ciencia moderna nos ha convencido de que nada de lo que parece obvio es cierto, y de que todo lo mágico, improbable, extraordinario, gigantesco, microscópico, despiadado o atroz es científico.

Un ejemplo más reciente y muy instructivo lo constituye la obra *Understanding the Present: Science and the Soul of Modern Man* («Comprender el presente: la ciencia y el alma del hombre moderno») de Bryan Appleyard, un periodista británico. Este libro alude explícitamente a lo que muchas personas en todo el mundo piensan, pero no se atreven a decir. El candor de Appleyard resulta refrescante. Él es un verdadero creyente y no permitirá que quitemos importancia a las contradicciones entre la ciencia moderna y la religión tradicional:

«La ciencia nos ha arrebatado nuestra religión», se lamenta. ¿Y qué clase de religión es la que anhela? Una religión en la que «la raza humana era el centro, el corazón, la causa final de todo el sistema. Colocaba definitivamente nuestro yo sobre el mapa universal... Nosotros éramos la finalidad, el objetivo, el eje racional

alrededor del cual giraban los grandes almacenes etéreos». Ahora «el universo de la ortodoxia católica», en el cual «el cosmos es presentado como una máquina construida alrededor del drama de la salvación»; con ello Appleyard hace referencia al hecho de que, a pesar de las órdenes explícitas en el sentido contrario, un hombre y una mujer comieron un día de una manzana, y ese acto de insubordinación transformó el universo en un dispositivo para el condicionamiento operante de sus descendientes remotos.

En contraste, la ciencia moderna «nos presenta como casualidades. Somos causados por el cosmos pero no somos la causa del mismo. El hombre moderno a la postre no es nada, no tiene ningún papel en la creación». La ciencia es «espiritualmente corrosiva, reduce a cenizas a las autoridades y tradiciones antiguas. No puede, en verdad, coexistir con ninguna otra cosa... La ciencia, silenciosa e implícitamente, nos está persuadiendo para que abandonemos nuestra identidad propia, nuestro verdadero yo... Los seres humanos no podemos vivir con semejante revelación. La única moralidad que nos queda es la de la mentira consoladora». Cualquier cosa antes que luchar con la insoportable carga de sabernos insignificantes.

En un pasaje con reminiscencias de Pío IX, Appleyard llega a condenar el hecho de que «una democracia moderna tenga la potestad de admitir la coexistencia de una serie de doctrinas religiosas contradictorias, que sí deben coincidir en un cierto, aunque limitado, número de preceptos generales, pero nada más. No les está permitido prender fuego a los lugares recíprocos de culto, pero pueden negar e incluso abusar de su respectivo Dios. Ésta es la forma efectiva, científica de proceder».

Pero ¿qué alternativa nos queda? ¿Fingir obstinadamente la certidumbre en un mundo incierto? ¿Adoptar un credo reconfortante, dejando de lado el grado en que éste pueda diferir de los hechos? Por razones prácticas, no podemos permitirnos vivir demasiado de la fantasía. ¿Acaso debemos censurarnos mutuamente nuestras religiones y quemarnos unos a otros nuestros lugares de culto? ¿Cómo podemos saber cuál de entre los miles de credos humanos debe convertirse en el sistema indisputable, ubicuo, obligatorio?

Estas citas delatan un ataque de nervios ante la grandeza y magnificencia del universo, pero especialmente ante su indiferencia. La ciencia nos ha enseñado que, como tenemos gran talento para decepcionarnos a nosotros mismos, puede que la subjetividad no llegue a reinar libremente. Ése es uno de los motivos por los que Appleyard desconfía tanto de la ciencia: parece demasiado razonada, mesurada e impersonal. Sus conclusiones se derivan de interrogar a la Naturaleza, y no en todos los casos están prediseñadas para satisfacer nuestros deseos. Appleyard deplora la moderación. Suspira por una doctrina infalible, liberada del ejercicio del juicio, y por la obligación de creer sin cuestionar. No ha comprendido la falibilidad humana. No reconoce la necesidad de institucionalizar la maquinaria del error-corrección ni en nuestras instituciones sociales ni en nuestra visión del universo.

Es el grito angustiado del bebé cuando los padres no acuden a su lado. Pero la



mayoría de las personas acaban haciendo frente a la realidad, y también a la dolorosa ausencia de unos progenitores, que siempre son garantía de que nada malo va a ocurrir a los pequeños mientras éstos hagan lo que se les manda. A la larga, la mayoría encuentra el modo de adaptarse al universo, especialmente cuando les son proporcionados los instrumentos para pensar correctamente.

«Lo único que les legamos a nuestros hijos» en la era de la ciencia, se lamenta Appleyard, «es la convicción de que nada es verdadero, decisivo o perdurable, incluyendo la cultura que les ha visto nacer». Cuánta razón tiene en lo que se refiere a la insuficiencia de nuestro legado. Pero ¿lograríamos enriquecerlo añadiéndole certidumbres sin base? Él desdeña «la esperanza piadosa de que la ciencia y la religión son dominios independientes que pueden separarse con facilidad». Por el contrario, «la ciencia, tal como la conocemos hoy, no es en absoluto compatible con la religión».

Pero, en realidad, ¿no nos está diciendo Appleyard que algunas religiones tienen hoy dificultades para efectuar pronunciamientos indisputables acerca de la naturaleza del mundo que sean completamente falsos? Nosotros admitimos que incluso los líderes religiosos más reverenciados, productos de su época tal como nosotros lo somos de la nuestra, pudieron cometer errores. Las religiones se contradicen unas a otras, tanto en temas menores –tales como si debemos ponernos sombrero para entrar en un lugar de culto o bien quitárnoslo o si es conveniente comer cordero y abstenerse de comer cerdo o al revés– como en las cuestiones fundamentales, como la de no tener dioses, adorar a un solo Dios o a muchos.

La ciencia nos ha llevado, a muchos de nosotros, al estado en que Nathaniel Hawthorne encontró a Herman Melville: «No es capaz ni de creer ni de sentirse cómodo sin creer.» O a Jean-Jacques Rousseau: «No me habían convencido, pero me habían alterado. Sus argumentos me estremecieron sin llegar nunca a convencerme... Es duro abstenerse de creer lo que uno desea tan profundamente.» Cuando los sistemas de creencias propugnados por las autoridades seculares y religiosas se ven socavados, en general es probable que se erosione el respeto por la autoridad. La lección es clara: incluso los líderes políticos deben ser precavidos a la hora de abrazar una doctrina falsa. Ese no es un defecto de la ciencia, sino una de sus virtudes.

Naturalmente, el consenso en lo que respecta a la visión del mundo es alentador, en tanto que el conflicto de opiniones puede resultar inquietante y exigirnos un mayor esfuerzo. Pero a menos que insistamos, en contra de toda evidencia, en que nuestros antepasados eran perfectos, el avance en el conocimiento requerirá que deshilemos y luego volvamos a hilar el consenso que ellos establecieron.

En algunos aspectos la ciencia ha superado ampliamente a la religión en lo que a provocar pavor se refiere. ¿Cómo es posible que casi ninguna religión importante haya analizado la ciencia y concluido: «¡Esto es mejor de lo que habíamos pensado! El universo es mucho más grande de lo que decían nuestros profetas, más

preeminente, más sutil, más elegante. Dios tiene que ser aún más grande de lo que habíamos soñado.»? En lugar de eso, exclaman: «¡No, no y no! Mi Dios es un Dios pequeño, y quiero que siga siéndolo.» Una religión, antigua o nueva, que subrayara la magnificencia del universo como la ha revelado la ciencia moderna, podría ser capaz de levantar reservas en la reverencia y el temor apenas intuidas por los credos convencionales. Tarde o temprano deberá surgir una religión así.

Dos o tres milenios atrás, nadie se avergonzaba por el hecho de pensar que el universo fue hecho para nosotros. Era una tesis atractiva, y compatible con todo lo que conocíamos; era lo que propugnaban los más eruditos sin salvedad. Pero hemos descubierto muchas cosas desde entonces. Defender hoy en día semejante postura equivale a pasar premeditadamente por alto la evidencia, y a una huida del autoconocimiento.

Aun así, a muchos de nosotros esas desprovincializaciones nos causan encono. Si bien no llegan a triunfar, suponen un desgaste de las esperanzas, a diferencia de las felices certezas antropocéntricas de otros tiempos, que comulgan con la utilidad social. Queremos estar aquí con una finalidad, aunque, a pesar de tanta decepción, nada es evidente. «La vacía irracionalidad de la vida —escribió León Tolstoi— es el único conocimiento incuestionable a que tiene acceso el hombre.» Nuestra época sobrelleva la carga del peso acumulado en los sucesivos desprestigios de nuestras concepciones: somos recién llegados. Vivimos en una región olvidada del cosmos. Surgimos de microbios y detritus. Los simios son nuestros primos. Nuestros pensamientos y sentimientos no se hallan enteramente bajo nuestro control. Es posible que existan seres muy diferentes y mucho más listos en algún lugar. Y, por si fuera poco, estamos estropeando nuestro planeta y convirtiéndonos en un peligro para nosotros mismos.

Bajo nuestros pies, la trampilla está abierta. Nos descubrimos precipitándonos en caída libre, pero sin fondo. Estamos perdidos en una inmensa oscuridad y no hay nadie que pueda mandarnos un equipo de rescate. Ante tan dura realidad, naturalmente, nos sentimos tentados a cerrar los ojos y fingir que nos encontramos seguros y confortables en casa, que la caída no es más que una pesadilla.

No hemos alcanzado un consenso acerca de nuestro lugar en el universo. No hay acuerdo generalizado sobre una visión a largo plazo del objetivo de nuestra especie, de no ser, quizá, la simple supervivencia. Especialmente cuando corren malos tiempos, andamos desesperados buscando aliento y no nos sentimos receptivos para atender a la letanía de las grandes decepciones y las esperanzas frustradas. Sí estamos, en cambio, mucho más dispuestos a escuchar que somos especiales, sin importarnos que las evidencias que lo avalan tengan el grueso de una hoja de papel. Si solamente hace falta algo de mito y ritual para que podamos soportar una noche que parece interminable, ¿quién no va a compadecerse y comprendernos?

Pero si nuestro objetivo apunta al conocimiento profundo, más que a una tranquilidad superficial, los beneficios de esta nueva perspectiva sobrepasan con mucho a las pérdidas. Tan pronto como superamos nuestro miedo a ser

insignificantes nos descubrimos en el umbral de un universo vasto e imponente que empequeñece del todo —en tiempo, espacio y potencial— el ordenado proscenio antropocéntrico de nuestros antepasados. Miramos a través de miles de millones de años luz de espacio para vislumbrar el universo poco después del big bang, y sondeamos la magnífica estructura de la materia. Escudriñamos el núcleo de nuestro planeta, el llameante interior de nuestra estrella. Ponemos al descubierto capítulos ocultos en el registro de nuestros propios orígenes y, con cierta congoja, comprendemos mejor nuestra naturaleza y perspectivas. Inventamos y refinamos la agricultura, sin la cual moriríamos casi todos de inanición. Creamos medicinas y vacunas que salvan la vida a miles de millones de personas. Nos comunicamos a la velocidad de la luz y damos la vuelta a la Tierra en una hora y media. Hemos enviado docenas de naves a más de sesenta mundos y cuatro astronaves a las estrellas. Es justo que nos deleitemos con nuestros logros, que nos sintamos orgullosos de que nuestra especie haya sido capaz de llegar tan lejos, y también que atribuyamos parte del mérito a esa misma ciencia que tanto ha rebajado nuestras pretensiones.

Para nuestros antepasados, la Naturaleza escondía muchos factores dignos de temer, relámpagos, tormentas, terremotos, volcanes, plagas, sequías, inviernos largos. Las religiones afloraron en parte como intentos de aplacar y controlar, si no de comprender, las turbulencias de la Naturaleza. La revolución científica nos permitió vislumbrar un universo ordenado subyacente, en el que existía una armonía literal de los mundos (la frase es de Johannes Kepler). Si comprendemos la Naturaleza, tenemos alguna expectativa de controlarla o, al menos, de mitigar el mal que puede ocasionar. En este sentido, la ciencia trajo esperanza.

La mayoría de los grandes debates desprovincializadores se abordaron sin pensar en sus implicaciones prácticas. Seres humanos apasionados y curiosos anhelaban comprender sus circunstancias reales, hasta qué punto eran únicos u ordinarios, ellos y su mundo, sus orígenes y destinos últimos, cómo funciona el universo. Sorprendentemente, algunos de esos debates han acarreado los más profundos beneficios prácticos. El propio método de razonamiento matemático que introdujo Isaac Newton para explicar el movimiento de los planetas alrededor del Sol ha desembocado en la mayor parte de la tecnología de nuestro mundo moderno. La revolución industrial, con todas sus deficiencias, sigue siendo el paradigma global de cómo puede una nación agrícola salir de la pobreza. Esos debates suelen tener consecuencias prácticas.

Podía haber sucedido de otro modo. La balanza podía haberse inclinado del otro lado; cabía la posibilidad de que los seres humanos no hubiésemos querido saber nada de un universo inquietante, que no hubiéramos estado dispuestos a tolerar que se cuestionara la sabiduría vigente. A pesar de una determinada resistencia en cada época, dice mucho en nuestro favor que nos permitiéramos seguir el hilo de la evidencia, extraer conclusiones que a primera vista parecían intimidatorias: un universo tanto más grande y antiguo, que nuestra experiencia personal e histórica quedaba empequeñecida y humillada, un universo en el cual cada día nacen soles

y se desvanecen mundos, un universo en el cual la Humanidad, recién llegada, se aferra a un oscuro terrón de materia.

¿No habría sido más satisfactorio que nos hubieran colocado en un jardín hecho a medida para nosotros, cuyos restantes ocupantes se mantuvieran a nuestra disposición para que los utilizáramos cuando lo tuviésemos a bien? En la tradición occidental existe una historia similar, muy celebrada, sólo que allí no estaba absolutamente todo a nuestra disposición. Había un árbol en particular del cual no debíamos participar, el árbol del conocimiento. El conocimiento, la comprensión y la sabiduría nos estaban vetados en esa historia. Debíamos permanecer ignorantes. Pero no pudimos resistirlo. Nos mataba el hambre de conocimientos; nos crearon hambrientos, piensa uno. Ahí residió la causa de todos nuestros problemas. En concreto, ésa es la razón por la que ya no vivimos en un jardín: quisimos saber demasiado. Mientras permanecemos indiferentes y obedientes, supongo, podíamos consolarnos con nuestra importancia y centralidad, y decirnos a nosotros mismos que éramos la razón por la que fue creado el universo. Sin embargo, tan pronto como fuimos cediendo a nuestra curiosidad, a nuestras ansias de explorar, de aprender cómo es realmente el universo, nos autoexpulsamos del edén. A las puertas del paraíso se apostaron ángeles guardianes, blandiendo espadas en llamas, para impedir nuestro retorno. Los jardineros nos convertimos en exiliados y peregrinos. A veces sentimos nostalgia de ese mundo perdido, pero eso, me parece a mí, es sentimental y sensiblero. No podíamos ser felices permaneciendo ignorantes para siempre.

Hay en este universo muchas cosas que parecen designios. Cada vez que tropezamos con ellas dejamos escapar un suspiro de alivio. Eternamente albergamos la esperanza de encontrar, o por lo menos de inferir sin lugar a dudas, un Designador. Pero en lugar de eso, descubrimos repetidamente que los procesos naturales –por ejemplo, la selección colisional de mundos o la selección natural en agrupaciones de genes o, incluso, el modelo de convección en una olla de agua hirviendo– pueden extraer orden a partir del caos, y nos engañamos deduciendo intención donde no la hay. En la vida cotidiana a menudo tenemos la sensación –al entrar en la habitación de un adolescente, o en la política nacional– de que el caos es natural y el orden nos viene impuesto desde arriba. Existen en el universo regularidades más importantes que las simples circunstancias que generalmente describimos como ordenadas, y ese orden, simple y complejo, parece derivarse de las leyes de la Naturaleza establecidas en el big bang (o antes), más que ser consecuencia de la tardía intervención de una imperfecta deidad. «Dios debe buscarse en los detalles», reza el famoso dicho del estudioso alemán Aby Warburg. Pero, en medio de tanta elegancia y precisión, los detalles de la vida y del universo exhiben también algo de azar, arreglos provisionales y mucha planificación deficiente. ¿Qué vamos a hacer con él: un edificio abandonado por el arquitecto en sus primeras fases de construcción?

La evidencia, por lo menos hasta ahora y dejando aparte las leyes de la Naturaleza, no requiere un Designador. Quizá haya uno escondido en alguna

parte, obstinadamente empeñado en no darse a conocer. Aunque a veces parece una esperanza muy débil.

El significado de nuestras vidas y de nuestro frágil planeta viene, pues, únicamente determinado por nuestra propia sabiduría y coraje. Somos *nosotros* los guardianes del sentido de la vida. Ansiamos unos progenitores que cuiden de nosotros, que nos perdonen nuestros errores, que nos salven de nuestras infantiles equivocaciones. Pero el conocimiento es preferible a la ignorancia. Es mejor, con mucho, comprender la dura verdad que creer una fábula tranquilizadora.

Si ardemos en deseos de hallar una finalidad cósmica, encontremos primero una meta digna para nosotros.

# ¿HAY VIDA INTELIGENTE EN LA TIERRA?

Viajaron durante largo tiempo y no hallaron nada.  
A lo lejos distinguieron una tenue luz, que era la Tierra...  
Pero no pudieron encontrar la más mínima razón para sospechar  
que nosotros y nuestros congéneres sobre este globo  
tenemos el honor de existir.  
VOLTAIRE, *Micromegas*.  
*Una historia filosófica* (1752)

Hay lugares, dentro y fuera de nuestras grandes ciudades, donde el mundo natural casi ha desaparecido. En ellos puede uno encontrar calles, callejuelas, coches, aparcamientos, vallas anunciadoras, monumentos de cristal y acero, pero ni un solo árbol, brizna de hierba o animal, aparte, claro está, de los seres humanos. Hay multitud de seres humanos. Solamente cuando uno mira hacia arriba, a través de las gargantas de rascacielos, puede vislumbrar una estrella o un pedacito de azul, vestigios de lo que había mucho antes de que la Humanidad iniciara su andadura. Pero las deslumbrantes luces de las grandes ciudades hacen palidecer a las estrellas, y a veces casi desaparece el pedacito azul, teñido de marrón por la tecnología industrial.

No es difícil, trabajando cada día en un lugar así, que quedemos impresionados de nosotros mismos. ¡Cómo hemos transformado la Tierra para nuestro beneficio y conveniencia! Sin embargo, unos cuantos cientos de kilómetros hacia arriba o hacia abajo no hay humanos. Aparte de una fina capa de vida en la misma superficie de la Tierra, alguna intrépida astronave ocasional y un cierto número de interferencias de radio, nuestro impacto en el universo es cero. Nada sabe de nosotros.

Imaginemos que somos exploradores extraterrestres penetrando en los confines del sistema solar, tras un largo viaje a través del negro espacio interestelar. Nos disponemos a examinar desde lejos los planetas de ese astro vulgar; son unos cuantos, algunos grises, otros azules, otros rojos, otros amarillos. Nos interesa saber qué tipos de mundos son éstos, si sus entornos medioambientales son estáticos o cambiantes y, especialmente, si albergan vida e inteligencia. No tenemos ningún conocimiento previo acerca de la Tierra. Acabamos de descubrir su existencia.

Supongamos que existe una ética galáctica: se mira, pero no se toca. Nos está permitido aproximarnos a esos mundos, orbitarlos, pero queda terminantemente prohibido tomar tierra en ellos. Bajo tales condiciones, ¿seríamos capaces de averiguar cómo es el medio ambiente de la Tierra y si vive alguien allí?

A medida que nos vamos acercando, la primera impresión de conjunto del planeta se resume en nubes blancas, blancos casquetes polares, continentes marrones y una sustancia azul que cubre dos tercios de la superficie. Al tomarle a ese mundo la temperatura, a partir de la radiación infrarroja que emite, descubrimos que en la mayoría de las latitudes ésta se sitúa por encima del punto de congelación del agua, mientras que en las capas polares se encuentra por debajo del mismo. El agua es un material muy abundante en el universo; sería razonable suponer la existencia de capas polares de agua sólida, así como de nubes de agua sólida y líquida.

Quizá nos tienta la idea de achacar esa materia azul a enormes cantidades — de kilómetros de profundidad — de agua líquida. Pero esa conjetura es grotesca, en cierto modo, al menos en lo que concierne a *este* sistema solar, pues ningún otro planeta alberga en su superficie océanos de agua líquida. Mirando en el espectro de la luz visible y en la franja del infrarrojo cercano, en busca de indicios reveladores sobre su composición química, descubriremos sin duda hielo de agua en las capas polares y suficiente vapor de agua en el aire como para justificar las nubes; es también la cantidad justa que debe derivarse de la evaporación, si los océanos contienen realmente agua líquida. Por tanto, una hipótesis que parecía descabellada queda confirmada.

Por otra parte, los espectrómetros ponen de manifiesto que una quinta parte del aire de este mundo es oxígeno,  $O_2$ . No hay otro planeta en el sistema solar que se acerque ni por asomo a tal cantidad de oxígeno. ¿De dónde procede? La intensa luz ultravioleta que emite el Sol descompone el agua,  $H_2O$ , en oxígeno e hidrógeno, y el hidrógeno, el gas más ligero, se escapa rápidamente al espacio. Esa es, ciertamente, una fuente de  $O_2$ , pero no alcanza a justificar *tal* cantidad de oxígeno.

Otra posibilidad residiría en que la luz visible ordinaria, que el Sol vierte en grandes cantidades, fuera empleada en la Tierra para descomponer el agua, de no ser que no hay forma conocida de hacerlo en ausencia de vida. Necesariamente tendría que haber plantas, formas de vida coloreadas por un pigmento que absorbe intensamente la luz visible, sabe cómo descomponer una molécula de agua a base de acumular la energía de dos fotones de luz, libera el O y retiene el H, que luego utiliza para sintetizar moléculas orgánicas. Las plantas deberían cubrir la mayor parte del planeta. Y todo eso ya es pedir mucho. Si fuéramos buenos científicos, lo suficientemente escépticos, tal cantidad de  $O_2$  no constituiría para nosotros una prueba concluyente de la existencia de vida, aunque, desde luego, daría pie a la sospecha.

Con todo ese oxígeno, no nos sorprende encontrar ozono ( $O_3$ ). El ozono absorbe la peligrosa radiación ultravioleta. De modo que, si el oxígeno es debido a la vida,

ésta curiosamente se está protegiendo a sí misma. No obstante, la vida que estamos detectando podría ser meramente achacable a la presencia de plantas fotosintéticas. No cabe suponer, por ahora, la existencia de un nivel elevado de inteligencia.

Al examinar más de cerca los continentes averiguamos que hay, a grandes rasgos, dos tipos de regiones. Una muestra el espectro de rocas y minerales comunes como los hay en muchos mundos. La otra revela un dato inusual: un material que cubre extensas áreas y que absorbe en gran medida la luz roja. (El Sol, naturalmente, emite luz de todos los colores, alcanzando un máximo en el amarillo.) Podría ser justamente este pigmento el agente necesario, si es que efectivamente la luz visible común se está empleando para descomponer agua, y también el responsable del oxígeno en el aire. Ya tenemos otra pista, esta vez algo más sólida, de la existencia de vida, y no precisamente de un bichito aquí o allá, sino de una superficie planetaria rebosante de vida. En realidad, el pigmento es la clorofila: absorbe la luz azul al igual que la roja y a ella se debe que las plantas sean verdes. Lo que estamos contemplando es un planeta con una densa vegetación.

La Tierra, pues, ha revelado poseer tres propiedades únicas, al menos en este sistema solar: océanos, oxígeno y vida. Se hace difícil no relacionarlas entre sí, sobre todo teniendo en cuenta que los océanos son los lugares de origen de abundante vida y el oxígeno su producto.

Observando cuidadosamente el espectro infrarrojo de la Tierra damos con los componentes menores del aire. Además del vapor de agua, hay también anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ ), metano ( $\text{CH}_4$ ) y otros gases, que absorben el calor que la Tierra trata de emitir al espacio durante la noche. Estos gases calientan el planeta. Sin ellos, la Tierra tendría una temperatura global inferior a la del punto de congelación del agua. Acabamos de descubrir el efecto invernadero que presenta este mundo. El metano y el oxígeno, juntos en la misma atmósfera, constituyen un hecho peculiar. Las leyes de la química son muy claras: ante un exceso de  $\text{O}_2$  el  $\text{CH}_4$  debería quedar convertido enteramente en  $\text{H}_2\text{O}$  y  $\text{CO}_2$ . El proceso es tan eficaz que ni una sola molécula en toda la atmósfera de la Tierra debería ser de metano. En cambio, constatamos que una de cada millón de moléculas es metano, lo cual supone una inmensa discrepancia. ¿Qué puede significar?

La única explicación plausible radica en la posibilidad de que el metano esté siendo inyectado en la atmósfera de la Tierra con tal celeridad, que su reacción química con el oxígeno no pueda seguir el ritmo. ¿De dónde procede todo ese metano? Tal vez se filtre desde las profundidades del interior de la Tierra, aunque cuantitativamente ello no parece concordar. Además, Marte y Venus no presentan en modo alguno esa importante cantidad de metano. Las únicas alternativas son de orden biológico, una conclusión que no se basa en conjeturas sobre la química de la vida o de cómo es ésta, sino que se deriva meramente de constatar cuan inestable es el metano en una atmósfera de oxígeno. De hecho, el metano surge de fuentes como las bacterias en los pantanos, los cultivos de arroz, la quema de vegetación, el gas natural procedente de los yacimientos petrolíferos y las



flatulencias bovinas. En una atmósfera de oxígeno, el metano constituye un síntoma de vida.

El hecho de que las actividades intestinales más íntimas de las vacas sean detectables desde el espacio interplanetario resulta desconcertante, especialmente si tenemos en cuenta que hay tantas cosas por las que sentimos gran apego que no lo son. No obstante, un científico extraterrestre que volara en las proximidades de la Tierra sería incapaz, llegado a este punto, de deducir la existencia de pantanos, arroz, fuego, petróleo o vacas. Detectaría sencillamente vida.

Todos los indicios de vida que hemos discutido hasta el momento son debidos a formas de existencia comparativamente simples (el metano en la panza de las vacas es generado por bacterias que residen allí). Si la astronave se hubiera aproximado a la Tierra cien millones de años atrás, en la era de los dinosaurios, cuando no existía ni la especie humana ni la tecnología, habría detectado igualmente oxígeno y ozono, el pigmento de la clorofila y una enorme cantidad — demasiado — de metano. Hoy, sin embargo, sus instrumentos se topan con señales que no solamente indican la existencia de vida, sino también de alta tecnología, algo que no habrían registrado ni tan sólo cien años atrás.

Nos encontramos con un tipo concreto de onda de radio que emana de la Tierra. Las ondas de radio no apuntan necesariamente hacia la vida y la inteligencia. Muchos procesos naturales las generan. Sin duda habremos percibido ya emisiones de radio en otros mundos aparentemente deshabitados, generadas por electrones cautivos en los poderosos campos magnéticos de los planetas, por movimientos caóticos en el frente de choque que separa dichos campos del campo magnético interplanetario, y también por relámpagos. (Los «silbidos» suelen pasar rápidamente de las notas altas a las bajas para luego comenzar de nuevo.) Algunas de estas emisiones de radio son continuas; otras se producen en ráfagas repetitivas; algunas duran pocos minutos y luego se desvanecen.

No obstante, esto es algo distinto: una porción de la transmisión de radio de la Tierra se halla precisamente en las frecuencias en que las ondas de radio comienzan a escaparse de la ionosfera del planeta, la región eléctricamente cargada situada sobre la estratosfera que refleja y absorbe las ondas de radio. Se observa una frecuencia central constante en cada transmisión, además de una señal modulada (una secuencia compleja de pulsos de encendido y apagado). No hay electrón en campo magnético, ni onda de choque, ni descarga eléctrica de relámpago que pueda generar algo de ese estilo. La presencia de vida inteligente parece la única explicación posible. Nuestra conclusión de que la transmisión de radio es debida a la tecnología de la Tierra es independiente de lo que puedan significar esas secuencias de encendido y apagado: no es necesario descodificar el mensaje para estar seguros de que *es* un mensaje. (Supongamos, por ejemplo, que esa señal es en realidad producto de la comunicación a larga distancia de la Armada de Estados Unidos con sus submarinos nucleares.)

Así pues, en nuestra calidad de exploradores extraterrestres, sabríamos que por lo menos una especie residente en la Tierra ha desarrollado tecnología de radio.

¿De cuál de ellas se trata? ¿De los seres que producen el metano? ¿De los que generan oxígeno? ¿De aquellos cuyo pigmento hace que el paisaje sea verde? ¿O acaso de otros, de seres más sutiles, seres que de otro modo no serían detectables desde una nave espacial que se aproximara al planeta? A fin de investigar esa especie tecnológica, tal vez nos resulte conveniente examinar la Tierra con un mayor grado de resolución, en busca, si no de los seres en sí, al menos de sus artefactos.

En primer lugar observamos el planeta a través de un modesto telescopio, de tal modo que la mayor precisión que podemos conseguir corresponde a uno o dos kilómetros de distancia. No distinguimos ni la arquitectura monumental, ni formaciones extrañas, ni remodelación artificial del paisaje, ni señales de vida. Lo que percibimos es una densa atmósfera en movimiento. El abundante agua debe de evaporarse y luego caer de nuevo a la Tierra a través de la lluvia. Los antiguos cráteres de impacto, tan visibles en la cercana Luna, apenas parecen presentes. Ello significa que deben de tener lugar una serie de procesos por los cuales se crea tierra nueva y posteriormente se erosiona en un espacio de tiempo mucho menor a la edad de este mundo. El agua corriente está implicada en esos procesos. A medida que vamos contemplándolo, cada vez con mayor definición, descubrimos cordilleras montañosas, valles fluviales y muchos otros indicios de que el planeta se encuentra geológicamente activo. Esporádicamente vislumbramos lugares desnudos de vegetación, aunque se hallan rodeados de ella. Tienen la apariencia de manchas descoloridas en el paisaje.

Cuando examinamos la Tierra con unos cien metros de resolución, todo cambia. El planeta aparece ante nuestros ojos cubierto de líneas rectas, cuadrados, rectángulos, círculos, en ocasiones apiñados a lo largo de las márgenes de un río o agrupados en las laderas de las montañas más bajas, otras veces extendiéndose por las llanuras, pero raras veces en desiertos o montañas altas y nunca en los océanos. Su regularidad, complejidad y distribución sería difícil de explicar de otro modo que no fuera mediante la presencia de vida y de inteligencia, si bien es posible que una comprensión más profunda de función y finalidad se nos escapara. Puede que sólo llegáramos a la conclusión de que las formas de vida dominantes tienen una pasión simultánea por la territorialidad y por la geometría euclídea. Con ese grado de resolución no podríamos verlos, y mucho menos identificarlos.

Muchas de las manchas deforestadas muestran una geometría similar a la de un tablero de ajedrez. Son las ciudades del planeta. Sobre gran parte del paisaje —no solamente en las ciudades— se observa una enorme profusión de líneas rectas, cuadrados, rectángulos, círculos. Las manchas oscuras de las ciudades aparecen altamente geometrizadas, no dejando más que unas pocas porciones de vegetación, aunque de contornos perfectamente delimitados. Ocasionalmente se aprecia algún triángulo y, en una de las ciudades, incluso un pentágono.

Cuando tomamos imágenes con un metro de resolución o mayor definición aún, descubrimos que las líneas rectas entrecruzadas que presentan las ciudades y las líneas rectas más largas que las conectan con otros centros urbanos están llenas de

unos seres aerodinámicos y multicolores, de pocos metros de largo, que avanzan educadamente uno detrás de otro en lenta, larga y ordenada procesión. Son muy pacientes. Una corriente de seres se detiene en los ángulos rectos, a fin de permitir que otra corriente pueda seguir adelante. Periódicamente les es devuelto el favor. De noche encienden dos luces potentes en su parte delantera para poder ver por donde van. Algunos, una privilegiada minoría, se retiran a unas casas pequeñas para pasar la noche, una vez finalizada la jornada laboral. No obstante, la mayoría de ellos no tienen techo y duermen en las calles.

¡Por fin! Hemos hallado la fuente de toda esa tecnología, la forma de vida predominante sobre el planeta. Evidentemente, las calles de las ciudades y las carreteras de la campiña han sido construidas en su beneficio. Podríamos pensar que estamos empezando a comprender realmente la vida en la Tierra. Y quizá tengamos razón.

Si solamente pudiéramos mejorar un poco el grado de definición, descubriríamos que existen unos minúsculos parásitos que entran y salen a menudo de los organismos dominantes. Al parecer deben de jugar un papel más importante, porque el organismo dominante inmóvil se pone en marcha justo después de ser reinfestado por un parásito, y vuelve a pararse instantes antes de que el parásito sea expulsado. Esto sí que resulta enigmático. Pero nadie dijo que la vida en la Tierra fuera fácil de entender.

Todas las imágenes que hemos tomado hasta el momento son con luz solar reflejada, es decir, en la cara diurna del planeta. Pero un hecho extraordinariamente interesante se pone de manifiesto cuando fotografiamos la Tierra durante la noche: el planeta está iluminado. La región más luminosa, cerca del círculo polar ártico, se halla iluminada por la aurora boreal, que no es generada por la vida, sino por electrones y protones procedentes del Sol, atraídos por el campo magnético de la Tierra. El resto de lo que vemos es debido a la vida. Las luces delimitan de manera reconocible los mismos continentes que descubrimos durante el día, y muchas se corresponden con las ciudades que ya hemos cartografiado. Las ciudades se concentran cerca de las líneas costeras. Tienden a ser mucho más escasas en las zonas interiores de los continentes. Puede que los organismos dominantes necesiten desesperadamente el agua del mar (o tal vez los barcos de navegación oceánica fueron en su día esenciales para el comercio y la emigración).

Sin embargo, algunas de las luces no son achacables a ciudades. En el norte de África, Oriente Medio y Siberia, por ejemplo, se perciben luminosidades muy intensas en un paisaje comparativamente desolado, debidas, según parece, a incendios en pozos de petróleo y gas natural. En el mar de Japón, el primer día que lo observamos, avistamos una extraña área de luz con forma triangular. Ese lugar corresponde durante el día a mar abierto. Allí no hay ciudad alguna. ¿Qué puede ser? Se trata de la flota pesquera japonesa dedicada a la pesca del calamar, que emplea una potente iluminación para atraer hacia la muerte bancos enteros de dicho molusco. Otros días, este tipo de luz deambula por todo el Pacífico en busca

de presa, En efecto, acabamos de descubrir el sushi.

Me parece grave que resulte tan sencillo percibir desde el espacio tales retazos de vida en la Tierra como los hábitos gastrointestinales de los rumiantes, la cocina japonesa o los sistemas para comunicarse con submarinos nómadas que transportan la muerte de doscientas ciudades, mientras tantas obras de nuestra arquitectura monumental, nuestros más grandes trabajos de ingeniería y nuestros esfuerzos para cuidarnos unos a otros, entre otras cosas, permanecen casi por completo ocultos en la sombra. Es como una especie de parábola.

A estas alturas nuestra expedición a la Tierra puede considerarse ya todo un éxito. Hemos dado con las características del medio ambiente, hemos detectado vida, hallado manifestaciones de seres inteligentes y puede que incluso hayamos identificado a la especie predominante, la que parece completamente imbuida de geometría y rectilinearidad. Sin duda alguna este planeta merece un estudio más largo y detallado. Por eso optamos por colocar la nave en órbita alrededor de la Tierra.

Observando a fondo el planeta desentrañamos nuevos enigmas. Por toda la Tierra hay chimeneas que vierten al aire anhídrido carbónico y productos químicos tóxicos. Lo mismo hacen los seres dominantes que pueblan las carreteras. Pero el anhídrido carbónico es un gas de invernadero. Nos percatamos de que la cantidad de ese gas en la atmósfera se halla en constante incremento, año tras año. Lo mismo ocurre con el metano y otros gases de invernadero. Si esto sigue así, la temperatura del planeta aumentará. Espectroscópicamente registramos otro tipo de moléculas que están siendo inyectadas al aire, los clorofluorocarbonos. No solamente se trata de gases de invernadero, sino que además son devastadoramente eficaces en la destrucción de la capa protectora de ozono.

Decidimos observar con mayor atención el centro del continente sudamericano, que – como ahora ya sabemos – es una vasta selva tropical\*.

Todas las noches vislumbramos miles de fuegos. Durante el día, la región aparece cubierta de humo. Al cabo de los años, por todo el planeta, hay cada vez menos bosques y más desiertos áridos.

Contemplamos a continuación la gran isla de Madagascar. Los ríos fluyen teñidos de color marrón y generan amplias manchas en el océano próximo. Es la tierra mantillosa, que es arrastrada hacia el mar a un ritmo tan desenfrenado que, en unas cuantas décadas, se habrá agotado. Lo mismo está sucediendo, según hemos observado, en las desembocaduras de todos los ríos.

Pero si no hay suelo, no hay agricultura. ¿Qué van a comer dentro de un siglo? ¿Qué respirarán? ¿Cómo van a enfrentarse con un medio ambiente cada vez más cambiante y peligroso?

Desde nuestra perspectiva orbital nos damos cuenta de que, indudablemente, algo ha salido mal. Los organismos dominantes, que, sean quienes sean, se han tomado tantas molestias para remodelar la superficie, destruyen al mismo tiempo su capa de ozono y sus bosques, erosionan su suelo y llevan a cabo masivos e

---

\* En el original, «rain forest», bosque tropical muy denso donde llueve todo el año. (Nota de la traductora.)

incontrolados experimentos con el clima de su planeta. ¿Es que no se dan cuenta de lo que está ocurriendo? ¿Es que no piensan en su destino? ¿O bien son incapaces de trabajar juntos en beneficio del entorno que los mantiene?

Tal vez, concluimos entonces, ha llegado el momento de replantearnos la conjetura que apunta a que en la Tierra existe vida inteligente.

## BUSCANDO VIDA EN OTROS LUGARES: UNA CALIBRACIÓN

En nuestros días, naves espaciales procedentes de la Tierra se han aproximado a docenas de planetas, lunas, cometas y asteroides, equipadas con cámaras, instrumentos para medir ondas de calor y de radio, espectrómetros para determinar la composición química y un buen número de otros sistemas. Pero no hemos encontrado indicios de vida en ningún otro lugar del sistema solar. No obstante, hay quien puede mostrarse escéptico respecto a nuestra habilidad para detectar vida, especialmente si se trata de vida diferente de la que conocemos. Hasta hace poco, nunca se había llevado a cabo el test más obvio de calibración: aproximar una astronave interplanetaria moderna a la Tierra y comprobar si somos capaces de detectarnos a nosotros mismos. Dicha circunstancia cambió el 8 de diciembre de 1990.

*Galilea* es una nave espacial de la NASA diseñada para explorar Júpiter, el planeta gigante, sus lunas y sus anillos. Lleva el nombre del heroico científico italiano que desempeñó un papel tan capital en el derribo de las pretensiones geocéntricas. Fue él el primero en considerar a Júpiter un mundo, y también quien descubrió sus cuatro grandes lunas. Para llegar a Júpiter, la nave debía pasar cerca de Venus (una vez) y de la Tierra (dos veces) y dejarse acelerar por las gravedades de estos planetas, pues de otro modo no dispondría de la energía necesaria para llegar a su destino. Esta necesidad en el diseño de su trayectoria nos permitió, por primera vez, observar sistemáticamente la Tierra desde una perspectiva extraterrestre.

*Galilea* pasó a sólo 960 kilómetros de la superficie de la Tierra. Exceptuando las imágenes que muestran una definición inferior a un kilómetro y las nocturnas —obtenidas por otra nave en órbita—, la mayoría de los datos recabados por una nave espacial que aparecen en este capítulo fueron obtenidos por la nave *Galileo*. Gracias a ella pudimos deducir una atmósfera de oxígeno, agua, nubes, océanos, hielo polar, vida e inteligencia. La aplicación de los instrumentos y protocolos desarrollados para explorar los planetas al control de la salud medioambiental del nuestro —algo que la NASA está llevando a cabo con ahínco en la actualidad— fue bautizada por la astronauta Sally Ride como «Misión al planeta Tierra».

Otros miembros del equipo científico de la NASA que trabajaron conmigo en la detección de vida en la Tierra por la nave *Galileo* fueron el doctor W. Reid Thompson, de la Universidad de Cornell; Robert Carlson, del JPL; Donald Gurnett, de la Universidad de Iowa, y Charles Hord, de la Universidad de Colorado.

El éxito que obtuvo la misión en su sondeo de la Tierra, sin efectuar suposiciones de antemano acerca del tipo de vida de que podía tratarse, incrementa nuestra confianza en que el resultado negativo que ha arrojado hasta ahora la búsqueda de vida en otros planetas es altamente significativo. ¿Es este razonamiento antropocéntrico, geocéntrico, provinciano? No lo creo. No nos limitamos a buscar la biología que conocemos. Cualquier pigmento fotosintético extendido, gas en fuerte desequilibrio con el resto de la atmósfera, transformación de la superficie mediante modelos altamente geometrizados, constelación de luces en el hemisferio nocturno o fuente no astrofísica de emisión de radio revelaría la presencia de vida. Naturalmente, en la Tierra hemos hallado solamente nuestro tipo de vida, pero muchas otras clases habrían sido detectables en otros lugares. No las hemos encontrado. Esta exploración del tercer planeta refuerza nuestra conclusión provisional de que, de todos los mundos del sistema solar, solamente el nuestro ha sido agraciado con la vida.

No hemos hecho más que empezar a buscar. Quizá la vida se esconda en Marte o Júpiter, Europa o Titán. Puede que la galaxia esté llena de mundos tan ricos en vida como el nuestro. Es posible también que estemos a punto de efectuar esa clase de descubrimientos. No obstante, en los términos del conocimiento actual, en este momento la Tierra *es* única. No hay otro mundo del que hoy se sepa que alberga ni un triste microbio, y mucho menos una civilización tecnológica.

# EL TRIUNFO DE LOS «VOYAGER»

Los que al mar descendieran en sus naves, a traficar entre sus grandes aguas; Éstos vieron de Dios los altos hechos, sus grandes maravillas en el piélago.  
*Salmos, 107(aprox. 150 a.J.C.)*

Las visiones de futuro que transmitimos a nuestros hijos dan forma a ese futuro. Por ello es *importante* cuáles son esas visiones, pues a menudo se convierten en profecías de autorrealización. Los sueños son como mapas.

No considero irresponsable que se esbocen los más temibles escenarios de futuro; si queremos evitarlos, debemos comprender que son posibles. Pero ¿dónde están las alternativas? ¿Dónde quedan los sueños que deben motivarnos e inspirarnos? Ansiamos mapas realistas de un mundo que podamos legar con orgullo a nuestros hijos. ¿Dónde permanecen los cartógrafos de la finalidad humana? ¿Dónde se ocultan las visiones de futuros esperanzadores, la concepción de la tecnología como instrumento en favor del progreso humano y no como arma apuntando a nuestras cabezas?

«VOYAGER 1» y «VOYAGER 2» son las naves que abrieron a la especie humana las puertas del sistema solar, inaugurando un camino para las generaciones futuras. Antes de su lanzamiento, en Agosto y Septiembre de 1977, éramos casi completamente ignorantes en lo que se refiere a la mayor parte de la porción planetaria del sistema solar. En los doce años siguientes ellas nos proporcionaron la primera información detallada y fiable acerca de muchos mundos nuevos; algunos solamente se conocían hasta entonces en forma de discos borrosos en los oculares de los telescopios ubicados en la Tierra, otros eran para nosotros meros puntos de luz y, de un tercer grupo, ni siquiera se sospechaba su existencia. Todavía hoy los *Voyager* siguen transmitiendo montones de datos.

Esas naves nos han enseñado muchas cosas sobre las maravillas de otros mundos, acerca de la singularidad y fragilidad del nuestro, y también respecto a principios y finales. Nos han dado acceso a gran parte del sistema solar, tanto en extensión como en masa. Fueron las primeras naves que exploraron mundos que algún día podrían ser el hogar de nuestros descendientes remotos.

Las lanzaderas espaciales americanas de hoy son demasiado débiles para llevar una nave espacial de estas características hasta Júpiter en unos pocos años empleando únicamente la propulsión por cohete. Pero si somos listos (y tenemos suerte) podemos hacerlo de otro modo: existe la posibilidad (como hizo la nave

*Galileo* años más tarde) de volar cerca de un mundo y dejar que su gravedad nos impulse hasta el siguiente. Es lo que llamamos ayuda gravitatoria. No nos cuesta más que ingenio. Es algo así como agarrarse a una barra de un tiovivo en marcha para que nos acelere y salgamos despedidos en una nueva dirección. La aceleración de la nave se ve compensada por una deceleración en el movimiento orbital del planeta alrededor del Sol. Pero, dado que el planeta es tan masivo comparado con el vehículo espacial, su movimiento apenas sufre alteración alguna. La velocidad que cada uno de los *Voyager* recibió de la gravedad de Júpiter fue un empuje cercano a los 65 000 kilómetros por hora. El movimiento de Júpiter alrededor del Sol sufrió, por su parte, una deceleración. ¿De cuánto? Dentro de cinco mil millones de años, cuando nuestro Sol se convierta en un hinchado gigante rojo, Júpiter se encontrará a un milímetro menos de donde habría estado si el *Voyager* no se hubiera aproximado a él a fines del siglo XX.

El *Voyager 2* se aprovechó de una rara alineación de los planetas: la aproximación a Júpiter le impulsó hasta Saturno, Saturno lo disparó hasta Urano, Urano hasta Neptuno, y Neptuno hacia las estrellas. Pero esa posibilidad no está siempre a nuestro alcance: la anterior oportunidad para practicar este juego de billar celeste se había presentado nada menos que durante la presidencia de Thomas Jefferson. En esa época la fase de exploración en que nos encontrábamos no iba más allá del lomo del caballo, las canoas y los barcos veleros. (El desarrollo del barco a vapor era la tecnología más innovadora que nos esperaba a la vuelta de la esquina.)

En vista de que los fondos necesarios no estaban disponibles, el Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL) de la NASA solamente podía permitirse la construcción de naves espaciales que funcionaran de forma fiable hasta cubrir la distancia que nos separa de Saturno. Más allá de la misma no había nada que hacer. Sin embargo, gracias a la excelencia del diseño de ingeniería —y al hecho de que los ingenieros del JPL que radiaban las instrucciones a la nave ganaban en sagacidad más de prisa de lo que se desgastaba la astronave— ambos vehículos pasaron a explorar Urano y Neptuno. En la actualidad nos están transmitiendo descubrimientos desde más allá del más distante planeta conocido del Sol.

Por lo general, se habla mucho más de los éxitos que nos han proporcionado las naves que de ellas mismas o de sus constructores. Siempre ha sido así. Ni siquiera esos libros de historia, fascinados con los viajes de Cristóbal Colón, nos dicen demasiado acerca de los constructores de la *Niña*, la *Pinta* y la *Santa María*, ni tampoco sobre los principios en que se basa la carabela. Esas naves espaciales, sus diseñadores, constructores, pilotos y controladores son ejemplos de lo que la ciencia y la ingeniería, cuando se dedican libremente a propósitos pacíficos bien definidos, son capaces de conseguir. Esos científicos e ingenieros deberían erigirse en modelos para una América que busca la excelencia y la competitividad internacional. Deberían figurar en nuestros sellos de correos.

Una o ambas naves estudiaron cada uno de los cuatro planetas gigantes — Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno —, así como sus anillos y sus lunas. En Júpiter,



en 1979, tuvieron que enfrentarse con una cáscara de partículas cargadas de alta energía, mil veces más intensa de la necesaria para matar a un ser humano; envueltas en esa gran cantidad de radiación, descubrieron los anillos del planeta más grande, el primer volcán activo fuera de la Tierra y un posible océano subterráneo en un mundo sin aire, entre un sinfín de otros asombrosos descubrimientos. En Saturno, entre 1980 y 1981, sobrevivieron a una tempestad de hielo y no hallaron sólo algunos anillos nuevos, sino miles de ellos. Examinaron lunas heladas, misteriosamente fundidas en un pasado comparativamente reciente, un gran mundo con un océano putativo de hidrocarburos líquidos coronado por nubes de materia orgánica.

El 25 de enero de 1986, el *Voyager 2* penetró en el sistema de Urano y transmitió desde allí una sucesión de maravillas. El encuentro no duró más que unas pocas horas, pero los datos que fielmente devolvió a la Tierra han revolucionado nuestro conocimiento del planeta aguamarina, sus quince lunas, sus anillos negros como la noche y su cinturón de partículas cautivas, cargadas de alta energía. El 25 de agosto de 1989 el *Voyager 2* pasó a través del sistema de Neptuno y observó, ligeramente iluminadas en la distancia por el Sol, nubes de formas calidoscópicas y una extraña luna sobre la cual flotaban como unas plumas de finas partículas orgánicas mecidas por un aire sorprendentemente ligero. Y en 1992, habiendo llegado más allá del planeta más exterior conocido, ambas naves *Voyager* detectaron emisiones de radio que, según se cree, emanaban de la todavía remota heliopausa, el lugar donde el viento solar da paso al viento estelar.

Como estamos fijos en la Tierra, nos vemos obligados a escudriñar los mundos distantes a través de un océano de aire distorsionador. Muchas de las ondas ultravioletas, infrarrojas y de radio que emiten esos mundos no penetran nuestra atmósfera. Es, pues, evidente por qué nuestras naves espaciales han revolucionado el estudio del sistema solar: ascendemos a una claridad total en el vacío del espacio y de allí nos acercamos a nuestros objetivos, pasando junto a ellos, como hicieron los *Voyager*, orbitándolos o tomando tierra en sus superficies.

Esas naves han mandado cuatro billones de bits de información a la Tierra, equivalentes aproximadamente a cien mil volúmenes de enciclopedia. Ya describí en *Cosmos* los encuentros de los *Voyager 1* y *2* con el sistema de Júpiter. En las páginas siguientes hablaré de los encuentros con Saturno, Urano y Neptuno.

Poco antes de que el «VOYAGER 2» llegara al sistema de Urano, el diseño de la misión había programado una maniobra final, un breve encendido del sistema de propulsión de a bordo, a fin de posicionar correctamente la nave para que pudiera enfilar su camino en la trayectoria predeterminada, sorteando las lunas existentes. No obstante, dicha corrección se reveló innecesaria. La nave espacial se encontraba ya a doscientos kilómetros de su trayectoria prevista, tras efectuar un viaje de cinco mil millones de kilómetros describiendo un arco. Ello equivaldría a enhebrar una aguja a cincuenta kilómetros de distancia o a disparar un rifle en Washington y hacer diana en Dallas.

Los filones principales del tesoro planetario fueron radiados de vuelta a la

Tierra. Pero la Tierra queda tan lejos que para cuando la señal de Neptuno era recogida en los radiotelescopios de nuestro planeta, la potencia de recepción era tan sólo de 10 elevado a -16 vatios (quince ceros entre la coma y el uno). Esta débil señal guarda la misma proporción con la potencia lumínica emitida por una lámpara normal que el diámetro de un átomo con la distancia que separa la Tierra de la Luna. Es como escuchar el paso de una ameba.

La misión fue concebida a fines de los sesenta. Los primeros fondos de financiación se recabaron en 1972, pero no fue aprobada en su formulación definitiva (incluyendo los encuentros con Urano y Neptuno) hasta que las naves hubieron completado su reconocimiento de Júpiter. Ambas fueron lanzadas desde la Tierra empleando un cohete propulsor Titán/Centauro no reutilizable. El tamaño de una nave *Voyager*, que pesa cerca de una tonelada, ocuparía una casa pequeña. Cada una consume 400 vatios de potencia —considerablemente menos que un hogar americano medio— de un generador que convierte plutonio radiactivo en electricidad. (Si tuviera que basarse en la energía solar, la potencia disminuiría rápidamente a medida que la nave fuera alejándose del Sol. De no haber sido por la energía nuclear, el *Voyager* no habría podido transmitir ningún dato del sistema solar exterior, exceptuando quizá algunos referentes a Júpiter.)

La corriente de electricidad en el interior de la nave generaría magnetismo suficiente como para trastocar el sensible instrumento que mide los campos magnéticos interplanetarios. Por ello, el magnetómetro se aloja en el extremo exterior de un brazo extensible, lejos de las perniciosas corrientes eléctricas. Sumado a otras proyecciones que lleva la nave, da al *Voyager* un cierto aspecto de puerco espín. Las cámaras, los espectrómetros infrarrojo y ultravioleta, así como un instrumento denominado fotopolarímetro, están ubicados en la plataforma de exploración científica, que es giratoria, de forma que dichos sistemas pueden apuntar al mundo que constituya en cada momento nuestro objetivo de análisis. La nave debe saber siempre dónde se encuentra la Tierra si se pretende que la antena quede correctamente dispuesta y pueda enviar datos a nuestro planeta. También debe conocer la posición del Sol y, al menos, la de una estrella brillante, para poder orientarse en tres dimensiones y apuntar correctamente hacia cualquier mundo al pasar junto a él. Evidentemente, si no somos capaces de dirigir bien las cámaras, de poco sirve que éstas puedan devolver imágenes desde miles de millones de kilómetros de distancia.

Cada nave espacial cuesta aproximadamente lo mismo que un bombardero estratégico moderno. Pero a diferencia de los bombarderos, un *Voyager* no puede, una vez lanzado, volver a los hangares para ser reparado. Por eso las computadoras y aparatos electrónicos de la nave se diseñan de forma redundante. Gran parte de la maquinaria clave, incluyendo el esencial transmisor de radio, lleva al menos un sustituto a bordo, preparado para ser requerido si alguna vez se plantea la necesidad. Cuando uno de los *Voyager* se encuentra en dificultades, las computadoras utilizan la lógica del «árbol de contingencias ramificadas» para elaborar la secuencia apropiada de actuación. En caso de que tampoco eso

funcionara, la nave pide ayuda a la Tierra.

A medida que la astronave se va alejando más de nuestro planeta, va incrementándose también el tiempo que invierten las ondas de radio en su viaje de ida y vuelta, que alcanza las once horas cuando el *Voyager* se halla a la distancia de Neptuno. Así pues, en caso de emergencia la nave debe saber cómo situarse en una posición segura de reserva, mientras espera instrucciones procedentes de la Tierra. Por otra parte, a medida que va pasando el tiempo es de esperar que se vayan produciendo más fallos, tanto en sus componentes mecánicos como en el sistema informático que lleva incorporado, si bien hasta el momento no hay indicios de ningún deterioro serio de la memoria, de lo que podríamos llamar «enfermedad de Alzheimer» de los robots.

Ello no significa, claro está, que los *Voyager* sean perfectos. Ha habido que lidiar ya con serios contratiempos, que han supuesto amenazas reales para la misión. En cada una de esas ocasiones se asignaron equipos especiales de ingenieros — algunos habían formado parte del programa *Voyager* desde el principio— para «trabajar» el problema. Estudiaban las materias científicas implícitas en el contratiempo y recurrían a su experiencia previa con los subsistemas defectuosos. Para experimentar empleaban equipos idénticos a los de la nave *Voyager* que nunca llegaron a ponerse en órbita, o bien optaban por fabricar gran cantidad de componentes del mismo tipo que los que estaban fallando, a fin de alcanzar una comprensión de orden estadístico respecto a los motivos de la avería.

En abril de 1978, casi ocho meses después del lanzamiento y mientras la nave se aproximaba al cinturón de asteroides, la omisión de una orden en la Tierra —un error humano— hizo que la computadora de a bordo del *Voyager 2* desconectara el transmisor principal de radio y conectara su sustituto. Durante la siguiente conexión con la nave, el transmisor de reserva se negó a desconectarse de acuerdo con la orden que le llegaba desde la Tierra. Un componente de los circuitos, un condensador, había fallado. Transcurridos siete días, durante los cuales el *Voyager 2* estuvo totalmente fuera de contacto, el software de protección antierrores ordenó de repente al transmisor de reserva que se desconectara y puso de nuevo en marcha el principal. Misteriosamente —hasta el día de hoy nadie sabe a qué se debió—, momentos después el transmisor principal falló. Nunca más se ha sabido de él. Para colmo, la computadora de a bordo comenzó entonces a insistir alocadamente en utilizar el transmisor principal defectuoso. Por culpa de una desgraciada concatenación de errores humanos y robóticos, la nave se encontraba ahora verdaderamente en peligro. A nadie se le ocurría el modo de conseguir que el *Voyager 2* conectara de nuevo el transmisor de reserva. Y aunque lo hiciera, dicho transmisor tampoco podía recibir órdenes de la Tierra por causa del condensador averiado. Fueron momentos en que muchos miembros del personal del proyecto se temieron lo peor.

Pero al cabo de una semana de obstinada indiferencia ante todas las órdenes, las instrucciones de puesta en marcha entre transmisores fueron aceptadas y programadas en la caprichosa computadora de a bordo. En el transcurso de esa

misma semana, los ingenieros del JPL diseñaron un innovador procedimiento de control de la frecuencia de transmisión de las órdenes, a fin de garantizar que las más esenciales fueran comprendidas por el transmisor de reserva averiado.

Ahora los ingenieros podían comunicarse de nuevo, al menos de manera rudimentaria, con la astronave. Pero desgraciadamente dicho transmisor había quedado tocado y se había vuelto extremadamente sensible al calor disperso liberado cuando determinados componentes de la nave aumentaban o disminuían de potencia. En los meses siguientes los ingenieros del JPL diseñaron y llevaron a cabo pruebas que les permitieran comprender a fondo las implicaciones térmicas que acarrear muchas de las operaciones en una nave espacial: ¿cuáles impedirían y cuáles permitirían la recepción de órdenes desde la Tierra?

Con esta información pudo solventarse por completo el problema con el transmisor de reserva y éste registró todas las órdenes procedentes de la Tierra acerca de cómo recabar datos en los sistemas de Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno. Los ingenieros habían conseguido salvar la misión. (Para curarse en salud, y durante la mayor parte del subsiguiente viaje del *Voyager 2*, siempre proporcionaron de antemano a la computadora de a bordo la secuencia de órdenes nominales referente a la toma de datos para el próximo planeta con que debía encontrarse, no fuera que le diera de nuevo por hacer oídos sordos a las demandas que le formulaban desde casa.)

Otro acongojante percance se produjo justo después de que el *Voyager 2* emergiera desde detrás de Saturno (visto desde la Tierra) en agosto de 1981. La plataforma de exploración científica había estado moviéndose febrilmente, apuntando, ahora aquí ahora allá, hacia los anillos, lunas y la misma superficie del planeta durante los momentos —demasiado breves— de mayor aproximación. Repentinamente, la plataforma se atascó. Una plataforma de exploración encallada constituye un apuro capaz de volver loco a cualquier astrónomo: tener conciencia de que la astronave está volando junto a maravillas que nunca nadie ha presenciado, que no volveremos a ver en años o quizá en décadas, y la nave espacial mirando fijamente al espacio con total indiferencia, ignorándolo absolutamente todo.

La plataforma de exploración es movida por actuadores que contienen trenes de engranajes. Así pues, primero, los ingenieros del JPL hicieron funcionar una copia idéntica de un actuador de vuelo en una misión simulada. Este falló tras 348 giros; el actuador de la nave espacial se había atascado al cabo de 352 giros. Se descubrió que el problema residía en un fallo de lubricación. Bueno era saberlo, pero ¿qué se podía hacer para solucionarlo? Evidentemente era imposible llegar hasta el *Voyager* provistos de una lata de aceite.

Los ingenieros se preguntaban si podrían poner de nuevo en marcha el actuador averiado mediante calentamiento y enfriamiento alternos; quizá las tensiones térmicas resultantes inducirían la expansión y contracción en grados diversos de los componentes del actuador y desatascarían el sistema. Probaron esta idea en el laboratorio con actuadores fabricados para la ocasión y, con gran alborozo,

descubrieron que de esta manera se podía poner de nuevo en funcionamiento la plataforma de exploración científica en el espacio. El personal del proyecto diseñó también métodos para diagnosticar cualquier tendencia adicional al fallo de los actuadores con la antelación suficiente para evitar el problema. Después de eso, la plataforma de exploración del *Voyager 2* funcionó a la perfección.

Todas las imágenes tomadas en los sistemas de Urano y Neptuno deben su existencia a este trabajo. Los ingenieros, una vez más, habían logrado evitar el desastre.

Los *Voyager 1* y *2* fueron concebidos para explorar solamente los sistemas de Júpiter y Saturno. Ciertamente esos planetas nunca fueron contemplados como objetivos de exploración para los *Voyager*: no estaba calculado que dichas naves duraran tanto. En vista de nuestro deseo de aproximarnos al misterioso mundo de Titán, el *Voyager 1* fue impulsado por Saturno en una senda en la que nunca podría toparse con ningún otro mundo conocido; fue el *Voyager 2* el que voló hacia Urano y Neptuno consiguiendo un notabilísimo éxito. A esas inmensas distancias la luz solar es cada vez más apagada y las señales de radio transmitidas a la Tierra se vuelven paulatinamente más débiles. Eran problemas predecibles, aunque no por ello menos serios, a los que los ingenieros y científicos del JPL debieron hacer frente.

A causa de los bajos niveles de luz en Urano y Neptuno, las cámaras de televisión del *Voyager* se veían forzadas a aplicar periodos largos de exposición. Pero la nave circulaba tan de prisa a través, por poner un ejemplo, del sistema de Urano (a unos 56000 kilómetros por hora) que la imagen habría quedado manchada o borrosa. Para compensarlo, toda la nave debía moverse durante los tiempos de exposición, del mismo modo que hacemos girar lentamente la cámara en la dirección opuesta para tomar una foto de un coche en movimiento, en plena calle. Suena muy sencillo, pero no lo es: es necesario neutralizar el más leve movimiento. Con gravedad cero, el mero hecho de poner en marcha o parar el aparato de cassette de la nave puede hacerla oscilar lo suficiente como para estropear una imagen.

También este obstáculo pudo ser salvado enviando órdenes a los pequeños motores cohete (llamados *thrusters*) de la nave, unas máquinas de una sensibilidad exquisita. Mediante un pequeño golpe de gas al principio y al final de cada secuencia de toma de datos, los *thrusters* compensaban la oscilación provocada por la cinta registradora, haciendo girar solamente un poco toda la nave. A fin de solucionar la baja potencia de radio recibida en la Tierra, los ingenieros diseñaron un modo nuevo y más eficaz de registro y transmisión de datos, y los radiotelescopios en la Tierra fueron vinculados electrónicamente a otros para incrementar su sensibilidad. En conjunto, el sistema de imagen funcionó mejor, bajo muchos criterios, en Urano y Neptuno de lo que lo hizo en Saturno e incluso en Júpiter.

Los *Voyager* todavía no han dejado de explorar. Cabe, claro está, la posibilidad

de que mañana mismo falle algún subsistema vital, pero en lo que concierne a la desintegración radiactiva de la fuente de energía que supone el plutonio, ambas naves deberían ser capaces de continuar mandando datos a la Tierra hasta el año 2015 aproximadamente.

El *Voyager* es un ser inteligente, parte robot, parte humano, Transporta los sentidos del hombre hasta mundos remotos. Para tareas simples y problemas a corto plazo se fía de su propia inteligencia, pero para trabajos más complejos y problemas de mayor alcance se pone en manos de la inteligencia colectiva y de la experiencia de los ingenieros del JPL. Esta tendencia está destinada a crecer. Los *Voyager* encarnan la tecnología de principios de los años setenta; si hoy se diseñara una nave para una misión de estas características, incorporaría asombrosos avances en cuanto a inteligencia artificial, miniaturización, velocidad de procesamiento de datos, habilidad para la autodiagnos y reparación, así como a la incapacidad para aprender de la experiencia. También resultaría mucho más económica.

En los múltiples entornos peligrosos para las personas, tanto en la Tierra como en el espacio, el futuro pertenece a asociaciones de robots y humanos que reconocerán en las naves *Voyager* a sus antecesoras y pioneras. En circunstancias de accidente nuclear, desastres mineros, exploración y arqueología subterránea, fabricación, inspección del interior de los volcanes y como ayuda en el hogar, por nombrar solamente unas pocas aplicaciones potenciales, podría suponer un enorme adelanto el poder contar con una generación de robots compactos, ingeniosos, móviles y dirigibles, capaces de diagnosticar y reparar sus propias disfunciones. Es muy probable que los de su tribu sean mucho más numerosos en un futuro próximo.

Hoy, la certeza de que cualquier cosa que construya el gobierno va a resultar un desastre ha pasado a formar parte de la sabiduría convencional. Pero las dos naves *Voyager* fueron construidas por el gobierno (en asociación con ese otro fantasma, la academia). Y se hicieron dentro de los costes presupuestados, en el tiempo previsto, excediendo además ampliamente de sus especificaciones de diseño, así como de los sueños más osados de sus constructores. Sin tener como fin el control, la amenaza, el perjuicio o la destrucción, estas elegantes máquinas representan la faceta exploradora de nuestra naturaleza, liberada para vagar por el sistema solar y más allá de sus confines. Este tipo de tecnología —hallándose los tesoros que descubre libremente disponibles para todos los seres humanos del mundo— ha supuesto, en el transcurso de las últimas décadas, una de las pocas actividades llevadas a cabo por Estados Unidos unánimemente admiradas, tanto por los que aborrecen muchas de sus políticas, como por los que en general se muestran de acuerdo con la nación. Los *Voyager* vienen costando a cada americano menos de un centavo al año, desde su lanzamiento hasta su encuentro con Neptuno. Las misiones a otros planetas constituyen una de las cosas que mejor hacemos, y no lo digo solamente en referencia a Estados Unidos, sino a toda la especie humana.

# ENTRE LAS LUNAS DE SATURNO

Siéntate como un sultán entre las lunas de Saturno.  
HERMAN MELVILLE, *Moby Dick*, cap. 107 (1851)

Existe un mundo, cuyo tamaño se encuentra a medio camino entre la Luna y Marte, donde el aire, en sus capas superiores, se riza a causa de la electricidad, que fluye en torrentes procedente de su vecino, el arquetípico planeta de los anillos. Su perpetua envoltura marrón está teñida de un curioso tono anaranjado tostado, y la materia de la vida cae sin cesar de los cielos sobre su oculta y desconocida superficie. Este mundo se encuentra tan lejos que la luz del Sol tarda más de una hora en llegar a él. Las naves espaciales necesitan años. Muchos datos acerca de él siguen siendo un misterio, entre ellos si alberga grandes océanos. No obstante, sabemos lo suficiente como para reconocer que puede haber a nuestro alcance un lugar donde se están desarrollando determinados procesos que, eones atrás, condujeron en la Tierra al origen de la vida.

En nuestro mundo se está llevando a cabo un experimento a largo plazo —en algunos aspectos bastante prometedor— acerca de la evolución de la materia. Los fósiles más antiguos conocidos tienen unos 3600 millones de años de antigüedad. Pero hace 4200 o 4300 millones de años, la Tierra estaba siendo devastada hasta tal punto, en las etapas finales de su formación, que es imposible que la vida ya hubiera surgido: colisiones masivas fundían la superficie, convirtiendo los océanos en vapor y dejando escapar al espacio cualquier atmósfera que hubiera podido acumularse desde el último impacto. Así pues, cuatro mil millones de años atrás existió una ventana, bastante limitada —tal vez solamente de unos cien millones de años de amplitud—, en la que nuestros antepasados más distantes nacieron a la vida. En cuanto las condiciones lo permitieron, la vida se desarrolló con rapidez. En cierto modo.

Es muy probable que los primeros seres vivientes fueran muy ineptos, mucho menos capaces que el más humilde de los microbios de la actualidad, y eso que

éstos a duras penas llegan a efectuar bastas copias de sí mismos. Pero la selección natural, el proceso crucial descrito por primera vez con coherencia por Charles Darwin, constituye un instrumento dotado de tan inmenso poder que a partir de los comienzos más modestos puede emerger toda la riqueza y hermosura del mundo biológico.

Aquellos primeros seres vivientes se componían de piezas, partes, bloques constructivos que hubieron de surgir por sí solos, es decir, alentados por las leyes de la física y la química, sobre una Tierra carente de vida. Los bloques constructivos de toda vida terrestre reciben el nombre de moléculas orgánicas y se basan en el carbono. Del prodigioso número de posibles moléculas orgánicas, muy pocas participan en la creación de vida. Las dos clases más importantes son los aminoácidos, bloques constructivos de las proteínas, y las bases de nucleótidos, bloques constructivos de los ácidos nucleicos.

Y justo antes del origen de la vida, ¿de dónde surgieron esas moléculas? Solamente existen dos posibilidades: del exterior o del interior del planeta. Sabemos que en esos tiempos impactaban en la Tierra muchísimos más cometas y asteroides que hoy; que esos pequeños mundos constituyen almacenes rebosantes de moléculas orgánicas complejas, y que algunas de ellas pudieron escapar al negro destino que esperaba a la mayoría de moléculas a consecuencia del impacto. Estoy describiendo aquí bienes caseros, no importados: las moléculas orgánicas generadas en el aire y las aguas de la Tierra primitiva.

Lamentablemente, no conocemos demasiado acerca de la composición del aire primitivo, y hay que señalar también que las moléculas orgánicas se fabrican con mayor facilidad en unas atmósferas que en otras. No podía haber mucho oxígeno, porque el oxígeno es generado por las plantas verdes, y en esa época todavía no existían. Probablemente habría más hidrógeno, pues el hidrógeno es muy abundante en el universo y escapa al espacio desde las capas altas de la atmósfera de la Tierra mejor que cualquier otro átomo (debido a que es muy ligero). Si somos capaces de imaginar diversas posibilidades de atmósferas primitivas, podemos duplicarlas en el laboratorio, aplicar energía y ver qué moléculas orgánicas se generan y en qué cantidades. Este tipo de experimentos se han revelado estimulantes y prometedores a lo largo de los años. Pero nuestra ignorancia de las condiciones iniciales limita su relevancia.

Lo que necesitamos es un mundo real cuya atmósfera conserve todavía algunos de esos gases ricos en hidrógeno, un mundo que en otros aspectos sea parecido a la Tierra, un mundo en que los bloques orgánicos constructivos de vida estén siendo masivamente generados en la actualidad, y al cual podamos acudir en busca de nuestros propios orígenes. Solamente existe un mundo así en el sistema solar. Se trata de Titán, la gran luna de Saturno. Tiene alrededor de 5150 kilómetros de diámetro, un poco menos de la mitad del tamaño de la Tierra. Necesita dieciséis de nuestros días para completar una órbita alrededor de Saturno.

No hay ningún mundo que sea una réplica perfecta de otro y, al menos en un aspecto importante, Titán es muy distinto de la Tierra primitiva: al hallarse tan



alejado del Sol, su superficie es extremadamente fría, muy por debajo del punto de congelación del agua, alrededor de 180°C bajo cero. Así pues, mientras en la época del origen de la vida la Tierra estaba – como ahora – cubierta en su mayor parte por océanos, en Titán no pueden existir océanos de agua líquida. (Que haya océanos compuestos de otra materia ya es otra historia, como veremos más adelante.) Sin embargo, las bajas temperaturas proporcionan una ventaja, pues una vez sintetizadas las moléculas en Titán, tienden a conservarse: cuanto más elevadas son las temperaturas, más rápido se destruyen las moléculas. En Titán puede que todavía se conserven las moléculas que han estado lloviendo del cielo como maná durante los últimos cuatro mil millones de años, completamente inalteradas, congeladas, aguardando la llegada de los químicos de la Tierra.

La invención del telescopio en el siglo XVII condujo al descubrimiento de muchos mundos nuevos. En 1610 Galileo espionó por primera vez los cuatro grandes satélites de Júpiter. Parecía un sistema solar en miniatura, con aquellas pequeñas lunas dando vueltas alrededor de Júpiter, tal como pensaba Copérnico que los planetas orbitaban al Sol. Fue otro duro golpe para los geocentristas. Cuarenta y cinco años más tarde, el renombrado físico holandés Christiaan Huygens descubrió una luna que se movía alrededor del planeta Saturno, y la llamó Titán\*.

Era un punto de luz a más de 1600 millones de kilómetros de distancia, fulgurando en luz solar reflejada. Desde el momento de su descubrimiento, una época en que los hombres europeos llevaban largas pelucas de tirabuzones, hasta la segunda guerra mundial, cuando los americanos se cortaban el pelo al uno, casi no se supo nada más de Titán, exceptuando el hecho de que presenta un curioso color tostado. Los telescopios basados en la Tierra apenas pudieron averiguar algún detalle enigmático. El astrónomo español J. Comas Sola aportó, en los albores del siglo XX, una vaga e indirecta evidencia de la existencia de una atmósfera.

En cierto modo, yo crecí con Titán. Desarrollé mi tesis doctoral en la Universidad de Chicago bajo la tutela de Gerard P. Kuiper, el astrónomo que efectuó el descubrimiento definitivo de que Titán posee atmósfera. Kuiper era holandés y descendiente intelectual en línea directa de Christiaan Huygens. En 1944, mientras llevaba a cabo un examen espectroscópico de Titán, Kuiper quedó asombrado al descubrir los rasgos espectrales característicos del gas metano. Cuando apuntó el telescopio hacia Titán, ahí estaba la rúbrica del metano†.

Cuando lo retiraba, en cambio, ni rastro del metano. Pero las lunas no tienen por qué retener atmósferas considerables y, desde luego, no es ése el caso de la luna de la Tierra. Kuiper comprendió que Titán podía retener una atmósfera aunque su gravedad fuera inferior a la de la Tierra, al ser muy fría su atmósfera

---

\* No porque la viera especialmente grande, sino porque en la mitología griega los miembros de la generación precedente a los dioses del Olimpo – Saturno, sus hermanos y sus primos – eran llamados Titanes.

† La atmósfera de Titán no posee oxígeno detectable, de modo que el metano no se halla violentamente fuera de equilibrio químico, como lo está en la Tierra, y su presencia no representa en modo alguno un indicio de vida.

superior. Simplemente, las moléculas no se mueven con la celeridad suficiente para que un número significativo de ellas alcance la velocidad de escape y huya al espacio.

Daniel Harris, alumno de Kuiper, demostró de manera concluyente que Titán es rojo. Tal vez estuviéramos contemplando una superficie herrumbrosa como la de Marte. Si queríamos aprender más cosas sobre Titán, podíamos medir la polarización de la luz solar reflejada en él. La luz solar ordinaria no está polarizada. Joseph Veverka, actualmente compañero mío en el cuerpo docente de la Universidad de Cornell, se graduó bajo mi tutela en la Universidad de Harvard y es, en consecuencia, por así decirlo, «descendiente» de Kuiper. En *su* tesis doctoral, alrededor de 1970, midió la polarización de Titán y descubrió que ésta cambiaba cuando se modificaban las posiciones relativas de Titán, el Sol y la Tierra. Pero el cambio era muy distinto del exhibido, por ejemplo, por la Luna. Veverka llegó a la conclusión de que la naturaleza de esta variación era coherente con la existencia de nubes o niebla extensiva en Titán. Cuando lo observábamos a través del telescopio no estábamos viendo su superficie. No sabíamos nada de cómo podía ser, ni teníamos tampoco la más ligera idea de la distancia que la separaba de la cubierta de nubes.

Así, a principios de los años setenta, a modo de legado de Huygens y de su línea de descendencia intelectual, quedó claro por lo menos que Titán posee una atmósfera densa rica en metano y que probablemente se halla envuelto en un velo rojizo de nubes o neblina aerosol. Pero ¿qué tipo de nube puede ser roja? A comienzos de la década de los setenta, mi colega Bishun Khare y yo llevamos a cabo unos experimentos en Cornell consistentes en irradiar diversas atmósferas ricas en metano con luz ultravioleta o electrones, con lo cual se generaba un sólido rojizo o marronoso; este material formaba una capa en el interior de nuestros vasos de reacción. Se me ocurrió que si Titán, que era rico en metano, poseía esas nubes de tonos entre rojo y marrón, éstas podían muy bien ser similares a lo que estábamos fabricando en el laboratorio. Llamamos a ese material *tholin* (*tollina*, en griego, significa «fangoso»). Al principio teníamos una muy vaga idea de cuál podía ser su composición. Se trataba de algún tipo de mezcla orgánica, producto de la disgregación de nuestras moléculas iniciales, que permitía la recombinación de los átomos —carbono, hidrógeno, nitrógeno— y de los fragmentos moleculares.

La palabra «orgánico» no lleva implícita ninguna atribución de origen biológico; de acuerdo con la vieja usanza química, que tiene más de un siglo de antigüedad, sirve meramente para describir moléculas compuestas por átomos de carbono (excluyendo algunas muy simples, como el monóxido de carbono, CO, y el anhídrido carbónico, CO<sub>2</sub>). Dado que la vida en la Tierra está basada en moléculas orgánicas y visto que hubo un tiempo anterior a la *existencia* de vida en la Tierra, algún proceso tuvo que dar lugar a moléculas orgánicas en nuestro planeta antes de que apareciera el primer organismo. Algo similar, propuse yo, podría estar ocurriendo hoy en Titán.

El acontecimiento de la época, en lo que se refiere a nuestra comprensión de Titán, fue la llegada en 1980 y 1981 de las naves espaciales *Voyager 1* y *2* al sistema de Saturno. Los instrumentos de medición ultravioleta, infrarrojo y radio registraron la presión y la temperatura a través de la atmósfera, desde la superficie oculta hasta el borde del espacio. Averiguamos a qué altura llegaban los puntos más altos de las nubes y que el aire en Titán se compone principalmente de nitrógeno,  $N_2$ , como ocurre hoy en la Tierra. El otro componente fundamental, como descubrió Kuiper, es el metano,  $CH_4$ , la materia prima a partir de la cual se generan allí moléculas orgánicas basadas en el carbono.

Se encontró también una gama de moléculas orgánicas simples, presentes en forma de gases, principalmente hidrocarburos y nitrilos. Las más complejas llevan cuatro átomos «pesados» (carbono y/o nitrógeno). Los hidrocarburos son moléculas compuestas únicamente de átomos de carbono e hidrógeno, y los conocemos en forma de gas natural, petróleo y ceras. (Son bastante distintos de los hidratos de carbono, como son los azúcares y las féculas, que también llevan átomos de oxígeno.) Los nitrilos son moléculas con un átomo de carbono y otro de hidrógeno, unidos de una manera especial. El nitrilo más conocido es el HCN, cianuro de hidrógeno, un gas letal para los seres humanos. No obstante, este gas tuvo también su participación en los pasos que sobre la Tierra condujeron al origen de la vida.

El hecho de haber encontrado estas simples moléculas orgánicas en las capas superiores de la atmósfera de Titán – aunque su presencia se reduzca a una parte por millón o incluso por mil millones – resulta muy tentador. ¿Pudo la atmósfera de la Tierra primitiva ser algo similar? En Titán hay diez veces más aire del que tenemos hoy en la Tierra, pero es perfectamente posible que la Tierra, en sus orígenes, tuviera una atmósfera más densa.

Además, los *Voyager* descubrieron una amplia región de electrones y protones energéticos alrededor de Saturno, atrapados en el campo magnético del planeta. Durante el curso de su movimiento orbital alrededor de Saturno, Titán entra y sale con rapidez de su magnetosfera. Haces de electrones (además de luz solar ultravioleta) caen sobre las capas superiores de aire de Titán, al igual que fueron interceptadas por la atmósfera de la Tierra primitiva partículas cargadas (y luz solar ultravioleta).

Así pues, resulta lógica la idea de irradiar la mezcla apropiada de nitrógeno y metano con luz ultravioleta o electrones, a presiones muy bajas, y determinar qué moléculas de mayor complejidad pueden formarse. ¿Podemos simular lo que está ocurriendo en la atmósfera superior de Titán? En nuestro laboratorio de Cornell – con la colaboración fundamental de mi colega W. Reid Thompson – efectuamos la réplica de algunas de las producciones de gases orgánicos en Titán. Los hidrocarburos más simples son elaborados allí mediante la luz ultravioleta procedente del Sol. Pero en lo que se refiere a todos los demás productos gaseosos, los que conseguimos con mayor facilidad mediante electrones en el laboratorio corresponden a los descubiertos por el *Voyager* en Titán, y en iguales proporciones.

La correspondencia es de uno a uno. En futuros estudios de Titán buscaremos los siguientes gases en orden de abundancia obtenidos en el laboratorio. Los gases orgánicos más complejos que fabricamos llevan seis o siete átomos de carbono y/o nitrógeno. Estas moléculas de producto se hallan en camino de formar el *tholin*.

Teníamos la esperanza de un cambio en la meteorología cuando el *Voyager 1* estaba aproximándose a Titán. A gran distancia, su apariencia era la de un minúsculo disco; desde el punto más cercano, el campo de visión de nuestra cámara abarcó una pequeña provincia de Titán. Si la capa de niebla y nubes hubiera presentado alguna interrupción, de unos pocos kilómetros por lo menos, al explorar el disco habríamos visto algo de su superficie oculta. Pero no había indicios de ningún boquete. Ese mundo está completamente enmascarado. Nadie en la Tierra sabe lo que hay en la superficie de Titán. Y un observador de allí, mirando hacia arriba con luz visible normal, no podría imaginar las maravillas que le aguardaban si atravesara la capa de nubes y pudiera contemplar Saturno con sus imponentes anillos.

Gracias a las mediciones del *Voyager*, del observatorio International Ultraviolet Explorer en la órbita de la Tierra y de telescopios basados en nuestro planeta disponemos de bastantes datos sobre las partículas que componen la capa de nubes y niebla, de colores entre naranja y marrón, que envuelve la superficie de Titán: qué colores de la luz absorbe con mayor profusión, cuáles deja pasar, hasta qué punto refracta la luz que la atraviesa y cómo son de grandes las nubes que la componen. (La mayoría de ellas tienen el tamaño de las partículas contenidas en el humo de un cigarrillo.) Las «propiedades ópticas» dependerán, naturalmente, de la composición de las partículas de la niebla.

En colaboración con Edward Arakawa del Oak Ridge National Laboratory en Tennessee, Khare y yo analizamos las propiedades ópticas del *tholin* de Titán. Resultó ser clavado a la verdadera niebla de Titán. No existe otro candidato, ni material ni mineral ni orgánico, que concuerde con las constantes ópticas de Titán. Así pues, podemos decir que hemos conseguido embotellar la niebla de Titán, que, tras formarse en las capas altas de su atmósfera, va precipitándose lentamente y acumulándose en copiosas cantidades en su superficie. ¿De qué se compone ese material?

Es muy difícil determinar la composición exacta de un sólido orgánico complejo. Por ejemplo, la química del carbón no está, todavía hoy, del todo esclarecida, a pesar de los cuantiosos incentivos económicos que se han dedicado a ello. No obstante, sí hemos descubierto algunas cosas acerca del *tholin* de Titán. Contiene muchos de los bloques esenciales constructivos de vida de la Tierra. De hecho, si ponemos en agua el *tholin* de Titán, conseguiremos gran número de aminoácidos, los constituyentes fundamentales de las proteínas, y también de bases de nucleótidos, los bloques constructivos del DNA y RNA. Algunos de los aminoácidos obtenidos por este procedimiento tienen una amplia representación entre los seres vivientes de la Tierra. Otros son de una clase completamente diferente. También aparecen muchas otras moléculas orgánicas, algunas de

importancia para la vida y otras no. Durante los últimos cuatro mil millones de años, inmensas cantidades de moléculas orgánicas se formaron en la atmósfera y sedimentaron en la superficie de Titán. Si en los eones transcurridos desde entonces todo ha permanecido congelado y sin sufrir cambios, la cantidad acumulada debería de haber formado una capa, como mínimo, de decenas de metros de espesor; estimaciones extremas le atribuyen kilómetros de profundidad.

Ahora bien, a 180°C por debajo del punto de congelación del agua, muy bien podríamos pensar que nunca llegarían a formarse aminoácidos. Sumergir el *tholin* en agua pudo tener relevancia en la Tierra primitiva, pero no —cabría suponer— en Titán. Sin embargo, ocasionalmente deben de producirse impactos de cometas y asteroides contra la superficie de Titán. (Las demás lunas de Saturno cercanas a Titán presentan abundantes cráteres de impacto, y la atmósfera de Titán no es lo suficientemente gruesa como para impedir que objetos que se mueven a gran velocidad alcancen su superficie.) Aunque no hemos visto nunca la superficie de Titán, los científicos planetarios saben algunas cosas en relación con su composición. La densidad media de Titán se halla entre la del hielo y la de la roca. Es plausible pensar que contiene ambas cosas. El hielo y la roca son abundantes en mundos cercanos; algunos de ellos se componen de hielo prácticamente puro. Si la superficie de Titán está helada, el impacto de un cometa a gran velocidad fundiría temporalmente el hielo. Thompson y yo estimamos que cualquier lugar dado de la superficie de Titán tiene una probabilidad del cincuenta por ciento de haberse derretido alguna vez, con una duración media del fluido resultante de casi mil años.

Ese dato, naturalmente, cambia sustancialmente las cosas. El origen de la vida en la Tierra parece que tuvo lugar en océanos y marismas poco profundas. La vida en la Tierra se compone principalmente de agua, que juega un papel esencial tanto en la física como en la química. En realidad, a nosotros, criaturas adictas al agua, nos resulta extraordinariamente difícil imaginar la vida sin ella. Si en nuestro planeta el origen de la vida se prolongó por un espacio de tiempo inferior a cien millones de años, ¿cabe alguna posibilidad de que en Titán se produjera en mil años? Con el *tholin* mezclado con agua líquida —aunque fuera solamente durante mil años— la superficie de Titán podría hallarse mucho más adelantada en su camino hacia el origen de la vida de lo que pensábamos.

A pesar de todo esto, lamentablemente sabemos muy poco acerca de Titán. Esta circunstancia se puso claramente de manifiesto en un simposio científico sobre Titán celebrado en Toulouse, Francia, y patrocinado por la Agencia Espacial Europea (ESA). Si bien la existencia de *océanos* de agua líquida es imposible en Titán, no lo son los océanos de hidrocarburos líquidos. Se supone que, no muy por encima de la superficie, hay nubes de metano (CH<sub>4</sub>), el hidrocarburo más abundante. El siguiente hidrocarburo más abundante, el etano (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>), debe de condensarse en la superficie del mismo modo que el vapor de agua se convierte en líquido cerca de la superficie de la Tierra, donde las temperaturas oscilan entre el punto de congelación y el punto de fusión. Así pues, vastos océanos de

hidrocarburos líquidos deberían de haberse acumulado durante el periplo de vida de Titán. Estarían ubicados muy por debajo de la niebla y las nubes. Aunque ello no significa que fueran completamente inaccesibles para nosotros, ya que las ondas de radio penetran fácilmente la atmósfera de Titán con las finas partículas suspendidas en ella, que van precipitándose lentamente.

En Toulouse, Duane O. Muhleman, del Instituto de Tecnología de California, nos describió la difícil proeza técnica de transmitir una secuencia de pulsos de radio desde un radiotelescopio en el desierto Mojave, en California, con el objeto de que alcancen Titán, penetren a través de la capa de niebla y nubes hasta su superficie, sean reflejadas de vuelta al espacio y luego regresen a la Tierra. Una vez de vuelta, la debilitada señal es recogida por una serie de radiotelescopios cerca de Socorro, Nuevo México. Estupendo. Si Titán posee una superficie de hielo o de roca, un pulso de radar rebotado de su superficie debería ser detectable en la Tierra. Pero si Titán estuviera cubierto de océanos de hidrocarburos, Muhleman no captaría nada: los hidrocarburos líquidos son negros a estas ondas de radio y no habrían devuelto ningún eco a la Tierra. De hecho, el sistema de radar gigante de Muhleman capta una reflexión cuando ciertas longitudes de Titán miran hacia la Tierra, en tanto que no lo hace en otras longitudes. Podríamos concluir, en ese caso, que Titán posee océanos y continentes, y que debe de ser un continente el que ha reflejado las señales de vuelta a la Tierra. Pero si Titán es en este aspecto igual que la Tierra –para determinados meridianos (pongamos a través de Europa y África) principalmente continente y para otros (a través del Pacífico central, por poner un ejemplo) principalmente océano–, entonces se plantea otro problema.

La órbita de Titán alrededor de Saturno no es un círculo perfecto. Es notablemente achatada, o elíptica. Sin embargo, si Titán poseyera amplios océanos, el planeta gigante Saturno, alrededor del cual órbita, levantaría en Titán mareas sustanciales, y la fricción resultante de la marea daría forma circular a la órbita de Titán en un periodo de tiempo mucho menor a la edad del sistema solar.

En un informe científico de 1982 titulado *La marea en los océanos de Titán*, Stanley Dermott, actualmente en la Universidad de Florida, y yo argumentamos que, por esta razón, Titán debe de ser o bien un mundo todo océano o bien un mundo todo continente. De otro modo la fricción de la marea en lugares donde el océano es poco profundo habría pasado su factura. Tal vez pudiera haber lagos e islas, pero nada más, y Titán tendría una órbita muy diferente de la que vemos.

Así pues, tenemos tres argumentos científicos: uno llega a la conclusión de que este mundo está prácticamente cubierto de océanos de hidrocarburos; otro sostiene que es una mezcla de continentes y océanos, y el tercero nos obliga a elegir entre unos u otros, aduciendo que Titán no puede tener amplios océanos y vastos continentes a la vez. Será interesante descubrir cuál es la respuesta definitiva.

Lo que acabo de referir es una especie de informe del progreso científico. Mañana mismo puede producirse un nuevo hallazgo que aclare estos misterios y contradicciones. Tal vez haya algún error en los resultados del radar de Muhleman, aunque es difícil saber de cuál podría tratarse: su sistema le dice que

está viendo Titán cuando éste se halla más cerca, cuando efectivamente debería estar viendo Titán. Puede que exista algún fallo en nuestros cálculos sobre la evolución de las mareas sobre la órbita de Titán, pero hasta ahora nadie ha sido capaz de encontrar ningún error. Y es difícil imaginar cómo podría evitar el etano condensarse en la superficie de Titán.

Quizá, a pesar de las bajas temperaturas, a lo largo de billones de años se ha producido un cambio en la química; o puede que alguna combinación de cometas impactando del cielo y volcanes u otros eventos tectónicos, ayudados por los rayos cósmicos, sean capaces de congelar los hidrocarburos líquidos, convirtiéndolos en algún sólido orgánico complejo que refleje las ondas de radio de vuelta al espacio. O podría ser también que algo reflectivo a las ondas de radio flote en la superficie del océano. No obstante, los hidrocarburos líquidos son de muy baja densidad: cualquier sólido orgánico conocido, a menos que sea extremadamente espumoso, se hundiría como una piedra en los mares de Titán.

Dermott y yo nos preguntamos ahora si cuando imaginamos continentes y océanos en Titán no nos hallábamos demasiado anclados en nuestra experiencia de lo que es nuestro propio mundo, si no fuimos demasiado chauvinistas de la Tierra en nuestro modo de razonar. Los terrenos batidos, salpicados de cráteres y con abundantes cuencas de impacto cubren otras lunas en el sistema de Saturno. Si imagináramos hidrocarburos líquidos acumulándose lentamente en uno de esos mundos, no los consideraríamos océanos globales, sino grandes cráteres aislados llenos, aunque no hasta el borde, de hidrocarburos líquidos. Multitud de mares circulares de petróleo, algunos de más de 160 kilómetros de diámetro, salpicarían la superficie, pero no habría olas perceptibles estimuladas por el distante Saturno, y lo lógico sería pensar que no habría barcos, ni nadadores, ni surfistas, ni pescadores. La fricción de la marea debería ser insignificante, pensamos, en un caso así, y la órbita alargada, elíptica de Titán no se habría convertido en una órbita circular. No podremos tener ninguna certeza hasta que empecemos a recibir imágenes por radar o del infrarrojo cercano de su superficie. Pero puede que sea ésta la resolución de nuestro dilema: Titán como un mundo de grandes lagos de hidrocarburos, más abundantes en determinadas longitudes que en otras.

¿Debemos esperar una superficie helada, cubierta con profundos sedimentos de *tholin*, un océano de hidrocarburos con unas cuantas islas como mucho, con materia orgánica incrustada elevándose aquí y allá, un mundo de cráteres lacustres o algo más sutil que no hemos podido imaginar todavía? No se trata meramente de una pregunta académica, ya que se está diseñando una nave espacial auténtica para viajar a Titán. En un programa conjunto de la NASA y la ESA, una astronave bautizada con el nombre de *Cassini* será lanzada en octubre de 1997, si todo marcha de acuerdo con lo previsto. Con dos aproximaciones a Venus, una a la Tierra y una a Júpiter, en aras de la ayuda gravitatoria, tras un viaje de siete años de duración, la nave será inyectada en la órbita de Saturno. Cada vez que la astronave se acerque a Titán, la luna será examinada por un conjunto de instrumentos, incluyendo el radar. Puesto que *Cassini* estará mucho más cerca de

Titán, podrá resolver muchos detalles oscuros relacionados con su superficie que resultaban indetectables por medio del pionero sistema de Muhleman, basado en la Tierra. Es también muy probable que pueda contemplarse la superficie en el infrarrojo cercano. En alguna fecha del verano del año 2004 podríamos tener en nuestras manos mapas de la superficie oculta de Titán.

*Cassini* lleva también incorporado un vehículo de aterrizaje, oportunamente llamado *Huygens*, que se desacoplará de la nave principal y se dejará caer en la atmósfera de Titán, desplegando un gran paracaídas. El equipo instrumental irá descendiendo lentamente a través de la niebla orgánica hacia las capas bajas de la atmósfera, atravesando las nubes de metano. En su descenso analizará la química orgánica y, en caso de que sobreviva al aterrizaje, hará lo propio en la superficie de dicho mundo.

Nada está garantizado. Pero la misión es técnicamente realizable, se está construyendo el hardware; un impresionante enjambre de especialistas, incluyendo muchos jóvenes científicos europeos, están trabajando duro en ello, y todas las naciones responsables parecen comprometidas con el proyecto. Tal vez llegue a hacerse realidad. Quizá ese vuelo a través de miles de millones de kilómetros de espacio interplanetario pueda traernos noticias, en un futuro no demasiado distante, acerca del punto a que ha llegado Titán en su camino hacia la vida.



# EL PRIMER PLANETA NUEVO

*Le imploro, ¿no esperará, acaso, ser capaz de aducir las razones  
para explicar el número de planetas?*

*Esa preocupación ha sido ya resuelta...*

JOHANNES KEPLER

*Epítome de astronomía copernicana, vol. 4  
(1621)*

Antes de que inventáramos la civilización, nuestros antepasados vivían principalmente al aire libre, fuera, bajo el cielo. Antes de que ideáramos luces artificiales, polución atmosférica y formas modernas de ocio nocturno, nos dedicábamos a contemplar las estrellas. Había razones calendáricas prácticas que lo avalaban, desde luego, pero había algo más que eso. Todavía hoy, el más hastiado de los habitantes de la ciudad puede sentir alguna vez la tentación de descubrir, en una noche clara, un cielo salpicado de miles de estrellas fulgurantes. Cuando me ocurre a mí, después de todos estos años, aún se me corta la respiración.

En toda cultura, el cielo y el impulso religioso se hallan entrelazados. Estoy tumbado en un prado y el cielo me rodea. Me siento subyugado por sus proporciones. Es tan vasto y está tan lejos que hace palpable mi insignificancia. Pero no me siento rechazado por él. Yo soy una parte del cielo, minúscula, claro está, pero todo es minúsculo comparado con esa abrumadora inmensidad. Y cuando me concentro en las estrellas, los planetas y sus movimientos me asalta una irrefrenable sensación de organización, de mecanismo de relojería, de elegante precisión funcionando a una escala que, con independencia de lo alto a que apunten nuestras aspiraciones, nos hace pequeños y humildes.

La mayor parte de los grandes inventos en la historia de la Humanidad — desde los utensilios de piedra y la domesticación del fuego hasta el lenguaje escrito — fueron realizados por benefactores desconocidos. Nuestra memoria institucional en relación con eventos de un pasado lejano es débil. No sabemos el nombre de aquel antepasado que, por primera vez, comprendió que los planetas eran distintos de las estrellas. Ella o él vivió seguramente decenas o incluso centenas de miles de años atrás. Pero, finalmente, todo el mundo comprendió que cinco, no más, de esos puntos brillantes de luz que adornan el cielo nocturno rompen filas

respecto a los demás durante un periodo de meses, moviéndose de forma extraña, casi como si estuvieran dotados de inteligencia.

Compartiendo el curioso movimiento aparente de esos planetas estaban el Sol y la Luna, sumando en total siete cuerpos itinerantes. Estos siete eran importantes para los antiguos, y les asignaron nombres de dioses, pero no de dioses antiguos cualesquiera, sino los nombres de los dioses principales, los jefes, los que dictan a los demás dioses (y a los mortales) lo que deben hacer. A uno de los planetas, relumbrante y de lento movimiento, los babilonios lo bautizaron con el nombre de Marduk, los nórdicos con el de Odín, los griegos con el de Zeus y los romanos con el de Júpiter, en cada caso el rey de los dioses. Al planeta pálido y de veloz movimiento que nunca se hallaba lejos del Sol los romanos lo llamaron Mercurio, el nombre del mensajero de los dioses; el más brillante de ellos recibió el nombre de Venus, la diosa del amor y la belleza; el de color rojo como la sangre fue Marte, como el dios de la guerra; y el más perezoso del grupo se llamó Saturno, en honor al dios del tiempo. Estas metáforas y alusiones eran lo mejor que podían hacer nuestros antepasados: no poseían más instrumento científico que sus propios ojos, se hallaban confinados en la Tierra y no tenían la menor idea de que también ésta es un planeta.

Hubo un momento en los últimos cuatro mil años en que esos siete cuerpos celestes se colocaron en línea. Poco antes del amanecer del 4 de marzo del año 1953 a. J.C. la Luna creciente brillaba en el horizonte. Venus, Mercurio, Marte, Saturno y Júpiter se hallaban alineados como perlas en un collar junto al gran cuadrado en la constelación Pegaso, cerca del lugar del cual emana en la actualidad la lluvia de meteoritos de las Perseidas. Incluso los observadores casuales del firmamento debieron de quedarse trasmudados por el acontecimiento. ¿Qué era? ¿Una comunión de los dioses? Según Kevin Pang, del JPL, dicho evento constituyó el punto de partida de los ciclos planetarios de los antiguos astrónomos chinos.

No ha habido otra ocasión en los últimos cuatro mil años (ni la habrá en los próximos) en que la danza de los planetas alrededor del Sol los conjugue de este modo, vistos desde la Tierra. Pero el 5 de mayo del año 2000 los siete serán visibles en la misma parte del cielo, si bien algunos al amanecer y otros durante el crepúsculo, y unas diez veces más separados que en esa mañana de invierno del año 1953 a. J.C. Aun así, ésa será probablemente una noche idónea para celebrar una fiesta.

Cuando llegó el momento de diseñar la semana —un lapso de tiempo que, a diferencia del día, el mes y el año, no tiene una significación astronómica intrínseca— le fueron asignados siete días, cada uno de ellos bautizado con el nombre de una de esas anómalas luces del cielo nocturno, Los remanentes de dicha convención son hoy evidentes. En inglés, *Saturday* (sábado) es el día de Saturno. *Sunday* (domingo) y *Mo(onday)* (lunes) quedan suficientemente claros\*.

Los días restantes reciben los nombres de los dioses de los pueblos sajones y teutónicos invasores de la Britania céltico-romana: *Wednesday* (miércoles), por ejemplo, corresponde al día de Odín (o Wodin), lo cual quedaría más claro si lo

---

\* En inglés, *moon* significa luna y *sun*, sol. (Nota de la traductora.)

pronunciáramos como se escribe, *Wedn's Day*; *Thursday* (jueves) es el día de Thor; *Friday* (viernes) es el día de Freya, diosa del amor. En el último día de la semana se conservó la tradición romana, pero el resto adoptó la germánica.

En todas las lenguas neolatinas, como el francés, castellano e italiano, la conexión es aún más obvia, ya que todas ellas derivan del latín, donde los nombres de los días de la semana (en orden, empezando por el domingo) derivan del Sol, la Luna, Marte, Mercurio, Júpiter, Venus y Saturno. El día del Sol se convirtió en el día del Señor, en latín *dominus*. Podían haber nombrado los días por orden de resplandor de los cuerpos astronómicos correspondientes, el Sol, la Luna, Venus, Júpiter, Marte, Saturno, Mercurio (así pues, domingo, lunes, viernes, jueves, martes, sábado y miércoles), pero no lo consideraron oportuno. Si los días de la semana en las lenguas romance hubieran sido ordenados según la distancia de los planetas respecto al Sol, la secuencia sería domingo, miércoles, viernes, lunes, martes, jueves y sábado. No obstante, nadie conocía el orden de los planetas en los tiempos en que se estaban asignando los nombres a los mismos planetas, a los dioses y a los días de la semana. El orden de los días de la semana parece pues arbitrario, aunque quizá reconoce la primacía del Sol.

Esta agrupación de siete dioses, siete días y siete mundos —el Sol, la Luna y los cinco planetas itinerantes— se introdujo de forma generalizada en la percepción de la gente. El número siete empezó a adquirir connotaciones sobrenaturales. Había siete «cielos», las esferas transparentes centradas en la Tierra que, se suponía, inducían el movimiento de esos mundos. El más exterior, el séptimo cielo, era donde se suponía que residían las estrellas «fijas». Están también los siete días de la Creación (si incluimos el día en que Dios descansó), los siete orificios de la cabeza, las siete virtudes, los siete pecados capitales, los siete demonios maléficos del mito sumerio, las siete vocales del alfabeto griego (cada una asociada a un dios planetario), los siete gobernadores del destino en la tradición hermética, los siete grandes libros del maniqueísmo, los siete sacramentos, los siete sabios de la Antigua Grecia y los siete «cuerpos» de la alquimia (oro, plata, hierro, mercurio, plomo, estaño y cobre; el oro asociado con el Sol, la plata con la Luna, el hierro con Marte, etc.). El séptimo hijo de un séptimo hijo está dotado de poderes sobrenaturales. El siete es un número de la «suerte». En el Apocalipsis del Nuevo Testamento se abren siete sellos que lacran un rollo de papiro, se tocan siete trompetas, se llenan siete copas. San Agustín argumenta confusamente en favor de la importancia mística del siete alegando que el tres «es el primer número impar» (¿y qué pasa con el uno?) y el «cuatro es el primer número par» (¿y qué pasa con el dos?), y «con ambos... se compone el siete». Etcétera, etcétera. En nuestros días persisten estas asociaciones.

Incluso la existencia de los cuatro satélites de Júpiter que descubrió Galileo — apenas planetas— fue rechazada por poner en duda la precedencia del número siete. A medida que fue creciendo la aceptación del sistema copernicano, la Tierra fue añadida a la lista de planetas y el Sol y la Luna fueron tachados de la misma. En consecuencia, al parecer existían solamente seis planetas (Mercurio, Venus, la

Tierra, Marte, Júpiter y Saturno). Así pues, se inventaron argumentos académicos aprendidos que demostraban por qué *tenía* que haber seis. Por ejemplo, seis es el primer número «perfecto», igual a la suma de sus divisores (1+2+3). *Quod erat demonstrandum* (lo que queríamos demostrar). Y, de todos modos, fueron solamente seis los días de la Creación, no siete. La gente buscaba formas de acomodarse de siete planetas a seis.

Cuando estos adeptos al misticismo numerológico se ajustaron al sistema copernicano, esta manera autoindulgente de pensar cambió los planetas por lunas. La Tierra tenía una luna; Júpiter contaba con las cuatro lunas galileanas. Sumaban cinco. Estaba claro que faltaba una. (No olvidemos que seis es el número perfecto.) Cuando Huygens descubrió Titán en 1655, él y muchos otros se convencieron a sí mismos de que era la última: seis planetas, seis lunas y Dios en su Cielo.

El historiador de la ciencia I. Bernard Cohen, de la Universidad de Harvard, ha señalado que, de hecho, Huygens abandonó la búsqueda de otras lunas porque de esos argumentos se desprendía que ya no quedaban más lunas por encontrar. Dieciséis años más tarde, irónicamente con Huygens de servicio, G. D. Cassini\*, del Observatorio de París, descubrió una séptima, Japeto, un extraño mundo con un hemisferio negro y el otro blanco, en una órbita exterior a la de Titán. Poco después Cassini dio con Rea, la siguiente luna saturniana, interior a Titán.

Se presentaba pues otra oportunidad para la numerología, esta vez aprovechada para la tarea práctica de adulación de un benefactor. Cassini sumó el número de planetas (seis) y el número de satélites (ocho) y obtuvo el número catorce. Se dio la circunstancia de que el hombre que construyó para Cassini su observatorio y pagaba su salario era Luis XIV de Francia, el Rey Sol. El astrónomo no tardó en «presentar» estas dos nuevas lunas a su soberano y proclamar que las «conquistas» de su majestad alcanzaban hasta los confines del sistema solar. A partir de entonces, Cassini renunció discretamente a la búsqueda de nuevas lunas. Cohen sugiere que el hombre temía que el hallazgo de una más ofendería a Luis, un monarca con el que no se debía jugar, pues no vacilaba en arrojar a sus súbditos a las mazmorras por el mero crimen de ser protestantes. Sin embargo, al cabo de doce años Cassini volvió a la carga y encontró —no exento, sin duda, de cierto nerviosismo— dos lunas más. (Probablemente fue una suerte que no continuáramos con esa vena, pues de otro modo Francia habría tenido que soportar la carga de sesenta y tantos reyes borbones llamados Luis.)

Cuando se reivindicaba la existencia de nuevos mundos a fines del siglo XVIII, la fuerza de esta clase de argumentos numerológicos había disminuido notablemente. Aun así, el anuncio en 1781 del descubrimiento de un nuevo planeta a través del telescopio fue acogido con auténtica sorpresa. Comparativamente, el hallazgo de nuevas lunas ya no impresionaba demasiado, en especial después de las primeras seis u ocho. Pero que hubiera nuevos *planetas* por descubrir y que el ser humano hubiera creado un medio para hacerlo se consideró del todo asombroso. Si todavía queda un planeta desconocido, puede haber muchos más,

---

\* Con el nombre del cual ha sido bautizada la misión europeo-americana al sistema de Saturno.

tanto en este sistema solar como en otros. ¿Quién puede aventurar lo que se puede llegar a encontrar si hay multitud de nuevos mundos ocultos en la oscuridad?

El descubrimiento ni siquiera fue realizado por un astrónomo profesional, sino por William Herschel, un músico cuyos parientes habían llegado a Gran Bretaña con la familia de otro alemán anglicanizado, el monarca reinante y futuro opresor de los colonos americanos Jorge III. Herschel se empeñó en llamar Jorge al planeta («estrella de Jorge», en realidad), el nombre de *su* protector, pero, providencialmente, éste no llegó a mantenerse. (Parece que los astrónomos andaban muy ocupados lisonjeando a los reyes.) En su lugar, el planeta descubierto por Herschel se denomina Urano (una inagotable fuente de hilaridad, renovada en cada generación de vástagos angloparlantes de nueve años\*). Debe su nombre al antiguo dios del cielo, quien, según la mitología griega, era el padre de Saturno y, por tanto, el abuelo de los dioses del Olimpo.

Ya no consideramos al Sol y la Luna como planetas y –ignorando los asteroides y cometas comparativamente insignificantes– contamos a Urano como el séptimo planeta, ordenándolos desde el Sol (Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Neptuno y Plutón). Se trata del primer planeta que era desconocido en la antigüedad. Los cuatro planetas exteriores, jovianos, son muy diferentes de los cuatro interiores, terrestres. Plutón es un caso aparte.

A medida que fueron pasando los años y mejorando la calidad de los instrumentos astronómicos fuimos aprendiendo más cosas en relación con el distante Urano. Lo que refleja la pálida luz solar de vuelta hasta nosotros no es una superficie sólida, sino atmósfera y nubes, al igual que sucede con Titán, Venus, Júpiter, Saturno y Neptuno. El aire en Urano se compone de hidrógeno y helio, los dos gases más simples. También están presentes el metano y otros hidrocarburos. Justo por debajo de las nubes visibles para los observadores terrestres hay una atmósfera masiva, con enormes cantidades de amoníaco, sulfuro de hidrógeno y, especialmente, agua.

En profundidad sobre Júpiter y Saturno, las presiones son tan grandes que los átomos sudan electrones y el aire se convierte en un metal. Eso no parece ocurrir en Urano, menos masivo, ya que las presiones en profundidad son menores. Más abajo todavía, descubierta únicamente por sus sutiles tirones sobre las lunas de Urano, completamente inaccesible a la vista, bajo el peso agobiante de la atmósfera existente, hay una superficie rocosa. Un gran planeta parecido a la Tierra se esconde allí, envuelto en una inmensa manta de aire.

La temperatura de la superficie de la Tierra es debida a la luz solar que intercepta. Si apagáramos el Sol, el planeta se enfriaría rápidamente; no sufriríamos un frío antártico, no llegarían a congelarse los mares, pero sí haría un frío intenso que provocaría la precipitación del aire, formando una capa de diez metros de espesor de nieves de oxígeno y nitrógeno que cubriría todo el planeta. La pequeña cantidad de energía que aflora del caliente interior de la Tierra resultaría insuficiente para fundir dichas nieves. Los casos de Júpiter, Saturno y

---

\* En inglés se pronuncia igual que «*your anus*», que significa «tu ano». (Nota de la traductora.)

Neptuno son distintos. Sus interiores desprenden casi tanto calor como el que absorben de los rayos del distante Sol. Si el Sol se extinguiera se verían muy poco afectados.

Pero Urano ya es harina de otro costal. Dicho planeta constituye una anomalía entre los planetas jovianos. Urano es como la Tierra: su interior desprende muy poco calor. No sabemos a qué achacarlo, por qué razón Urano —que en muchos aspectos es tan similar a Neptuno— carece de una fuente potente de calor interno. Por esa razón, entre otras, no podemos decir que comprendamos lo que sucede en las profundidades interiores de esos mundos extraordinarios.

Urano gira alrededor del Sol en sentido horizontal. En la década de los noventa, el polo sur es calentado por el Sol, y es ese polo el que perciben los observadores de la Tierra a fines del siglo XX al contemplar Urano. Este planeta invierte 84 años terrestres en completar una vuelta al Sol. Así pues, en la década del 2030 el polo norte se encontrará apuntando al Sol (y a la Tierra). En la del 2070 será de nuevo el polo sur el que mire en dirección al Sol. Entretanto, los astrónomos destacados en la Tierra estarán vislumbrando principalmente latitudes ecuatoriales del planeta Urano.

Los demás planetas efectúan la rotación mucho más verticales en sus órbitas. No se conoce con seguridad la razón que explica esa rotación anómala del planeta Urano; la sugerencia más prometedora aduce que en algún momento de su historia primitiva, miles de millones de años atrás, Urano fue impactado por un planeta errante, aproximadamente del tamaño de la Tierra, en una órbita muy excéntrica. Semejante colisión, si es que tuvo lugar, debió de provocar una gran conmoción en el sistema de Urano; por lo poco que sabemos, es posible que nos queden por hallar otros vestigios de esa antigua devastación. Pero la lejanía de Urano tiende a preservar sus misterios.

En 1977, un equipo de científicos dirigido por James Elliot, en aquel entonces trabajando en la Universidad de Cornell, descubrió casualmente que, al igual que Saturno, Urano posee anillos. Los científicos sobrevolaban el océano Índico en un avión especial de la NASA —el Observatorio Aerotransportado Kuiper— para presenciar el paso de Urano frente a una estrella. (Estos acontecimientos, que reciben el nombre de ocultaciones, se producen de vez en cuando, precisamente porque Urano se mueve muy lentamente respecto a las estrellas distantes.) Los observadores quedaron asombrados al comprobar que la estrella centelleaba intermitentemente repetidas veces antes de pasar por detrás de Urano y su atmósfera, y luego varias veces más justo después de emerger. Dado que el esquema de parpadeo intermitente se repetía antes y después de la ocultación, este hallazgo (y mucho del trabajo subsiguiente) condujo al descubrimiento de nueve anillos circumplanetarios muy finos y oscuros, que otorgan a Urano la apariencia de una diana en el cielo.

Los observadores terrestres llegaron a la conclusión de que, rodeando a los anillos, se hallaban las órbitas concéntricas de las cinco lunas conocidas hasta entonces: Miranda, Ariel, Umbriel, Titania y Oberón. Sus nombres se deben a

personajes de las obras de Shakespeare *El sueño de una noche de verano* y *La tempestad* y de *El rizo robado* de Alexander Pope. Dos de ellas fueron descubiertas por el mismo Herschel. La más interior de las cinco, Miranda\*, fue detectada por mi profesor G. P. Kuiper en fecha tan reciente como el año 1948. Recuerdo hasta qué punto se consideró un gran logro en esa época el descubrimiento de una nueva luna de Urano. La luz en el infrarrojo cercano reflejada por esas cinco lunas dejó patente la rúbrica espectral de la presencia de hielo común de agua en sus superficies. Y no es de extrañar, pues Urano se halla tan alejado del Sol que no puede haber allí más luz al mediodía de la que hay en la Tierra tras la puesta de sol. Las temperaturas son muy frías. El agua que pueda haber tiene que estar congelada.

La involución en nuestra comprensión del sistema de Urano —el planeta, sus anillos y sus lunas— se inició el 24 de enero de 1986. Ese día, tras un viaje de ocho años y medio, la nave espacial *Voyager 2* llegó muy cerca de Miranda y acertó en el blanco de la diana. Entonces la gravedad de Urano lo impulsó hasta Neptuno. La nave transmitió 4300 primeros planos del sistema de Urano y gran profusión de otros datos.

Se descubrió que Urano está rodeado por un cinturón de radiación intensa, electrones y protones cautivos en el campo magnético del planeta. El *Voyager* voló a través de dicho cinturón, midiendo a su paso el campo magnético y las partículas cargadas atrapadas. Asimismo, detectó —con timbres, armonías y matices cambiantes, pero fundamentalmente en *fortissimo*— una cacofonía de ondas de radio generadas por las partículas cautivas en movimiento. Algo similar fue hallado en Júpiter y Saturno, y se encontraría más tarde en Neptuno, aunque siempre con un tema y contrapunto característicos de cada mundo.

En la Tierra, los polos magnéticos y geográficos se hallan bastante cercanos. En Urano, en cambio, el eje magnético y el eje de rotación presentan unos sesenta grados de separación entre sí. Nadie hasta el momento ha logrado explicarse el porqué: hay quien sugiere que estamos tomando a Urano con una inversión de sus polos magnéticos norte y sur, al igual que ocurre periódicamente en la Tierra. Otros proponen que también eso es producto de esa extraordinaria colisión de la antigüedad que volteó al planeta. Pero no lo sabemos.

Urano emite mucha más luz ultravioleta de la que recibe del Sol, generada probablemente por las partículas cargadas que escapan de la magnetosfera y chocan contra las capas altas de la atmósfera. Desde alguna posición en el sistema de Urano, la nave espacial examinó una estrella brillante que parpadeaba de forma intermitente a medida que iban pasando los anillos del planeta. Encontró nuevas y tenues bandas de polvo. Desde la perspectiva de la Tierra, el *Voyager* pasó por detrás de Urano; así pues, las señales de radio que transmitía de vuelta a casa pasaron tangencialmente a través de la atmósfera de Urano, sondeándola por

---

\* La llamó así recordando las palabras de Miranda, la heroína de *La Tempestad*: «¡Oh, valeroso nuevo mundo, que alberga en él gente así!» (A lo cual Próspero responde: «Es nuevo para ti.» Así de claro. Como todos los demás mundos del sistema solar, Miranda tiene cerca de 4500 millones de años de antigüedad.)

debajo de sus nubes de metano. Algunos han deducido la existencia de un vasto y profundo océano de agua líquida a temperaturas muy elevadas, tal vez de unos ocho mil kilómetros de espesor, flotando en el aire.

Entre las principales glorias del encuentro con Urano se cuentan las imágenes. Con las dos cámaras de televisión del *Voyager* descubrimos diez nuevas lunas, determinamos la longitud del día en las nubes de Urano (alrededor de unas diecisiete horas) y estudiamos cerca de una docena de anillos. Las imágenes más espectaculares fueron las que recibimos de las cinco lunas más grandes de Urano, ya conocidas con anterioridad, especialmente las de la más pequeña, la Miranda de Kuiper. Su superficie es un tumulto de valles de fallas, aristas paralelas, abruptos acantilados, montañas bajas, cráteres de impacto y torrentes congelados de material de la superficie, que en su momento se fundió. Este agitado paisaje resulta inesperado para un mundo pequeño, frío y helado, tan distante del Sol. Es posible que la superficie se fundiera y reestructurara en una época remota, cuando una resonancia gravitacional entre Urano, Miranda y Ariel bombeó energía desde el planeta vecino al interior de Miranda. O quizá lo que vemos sean los resultados de la colisión primitiva que se cree que volteó a Urano. Aunque también cabría dentro de lo concebible que Miranda hubiera sido destruida por completo, desmembrada, reducida a añicos por un salvaje mundo tambaleante y hubieran quedado muchos fragmentos de la colisión en la órbita de dicha luna. Estos restos, tras chocar lentamente entre sí y atraerse gravitatoriamente unos a otros, pudieron reagregarse formando un mundo revuelto, hecho de parches e inacabado como es Miranda en la actualidad.

Para mí, hay algo que da pavor en las imágenes de la oscura Miranda, porque me acuerdo perfectamente de cuando no era más que un punto de luz casi perdido en el resplandor de Urano, descubierto con gran dificultad por los astrónomos a fuerza de habilidad y paciencia. En tan sólo media vida ha pasado de ser un mundo desconocido a constituir un destino cuyos antiguos e idiosincráticos secretos han sido revelados, al menos parcialmente.



# UNA NAVE AMERICANA EN LAS FRONTERAS DEL SISTEMA SOLAR

... junto a la orilla  
del Lago de Tritón...  
Voy a limpiar mi pecho de secretos.  
EURÍPIDES, *Ion* (aprox. 413 a. J.C.)

Neptuno era el puerto final del gran *tour* alrededor del sistema solar que debía realizar el *Voyager 2*. Por lo general es considerado el penúltimo planeta, siendo Plutón el más exterior. Pero dado lo estirado y elíptico de la órbita de Plutón, Neptuno viene siendo últimamente el planeta más exterior, y así permanecerá hasta el año 1999. Las temperaturas típicas en sus nubes más altas rondan los  $-240$  centígrados, al encontrarse tan alejado de los calientes rayos del Sol. Todavía estaría más frío de no ser por el calor que se filtra desde su interior. Neptuno se desliza por el borde de la noche interestelar. Es tanta la distancia que lo separa del Sol que, en su cielo, éste aparece como poco más que una estrella extraordinariamente brillante.

¿Muy lejos? Tan lejos que todavía hoy no ha completado ni una sola vuelta alrededor del Sol, que equivale a un año de Neptuno, desde su descubrimiento en 1846\*.

Se encuentra tan alejado que no es perceptible a simple vista. Tan alejado, que la luz —que viaja más rápido que ninguna otra cosa— tarda más de cinco horas en llegar de Neptuno a la Tierra.

Cuando el *Voyager 2* atravesó el sistema de Neptuno en 1989, sus cámaras, espectrómetros, detectores de campo y de partículas y demás instrumentos examinaron a un ritmo febril el planeta, sus lunas y también sus anillos. El planeta,

---

\* Tarda tanto tiempo en completar una vuelta alrededor del Sol porque su órbita es extraordinariamente amplia, 37000 millones de kilómetros en derredor, y porque la fuerza de la gravedad del Sol, que le impide salir despedido hacia el espacio interestelar, es a esa distancia comparativamente débil, menos de una milésima de la fuerza que ejerce en las proximidades de la Tierra.

al igual que sus primos Júpiter, Saturno y Urano, es un gigante. Todos los planetas son en el fondo mundos similares a la Tierra, pero los cuatro gigantes llevan disfraces muy pesados y elaborados. Júpiter y Saturno son grandes mundos gaseosos con núcleos rocosos y helados relativamente pequeños. Pero Urano y Neptuno son fundamentalmente mundos de roca y hielo envueltos en densas atmósferas que los ocultan a la vista.

Neptuno es cuatro veces mayor que la Tierra. Cuando contemplamos su frío y austero color azul, de nuevo estamos viendo solamente atmósfera y nubes, no superficie sólida. Su atmósfera, una vez más, se compone principalmente de hidrógeno y helio, con una pequeña porción de metano y rastros de otros hidrocarburos. También puede haber algo de nitrógeno. Sus nubes luminosas, que al parecer son cristales de metano, flotan sobre otras más espesas y profundas de composición desconocida. A partir del movimiento de las nubes pudimos descubrir la existencia de feroces vientos, de intensidad cercana a la velocidad local del sonido. También detectamos la presencia de una Gran Mancha Oscura, curiosamente, casi en la misma latitud en que se encuentra la Gran Mancha Roja de Júpiter. El color azul celeste parece apropiado para un planeta que lleva el nombre del dios de los mares.

Alrededor de ese mundo tenuemente iluminado, gélido, tormentoso y remoto, existe —también aquí— un sistema de anillos, cada uno de ellos compuesto de innumerables objetos orbitantes cuyo tamaño oscila entre el de las finas partículas del humo de un cigarrillo y el de un camión pequeño. Al igual que los anillos de los restantes planetas jovianos, los de Neptuno son, aparentemente, evanescentes; se calcula que la gravedad y la radiación solar acabarán por disgregarlos en un periodo de tiempo mucho menor a la edad del sistema solar. Si se destruyen rápidamente, ello significa que podemos verlos gracias a que se formaron recientemente. Pero ¿cómo pueden formarse esos anillos?

La luna más grande en el sistema de Neptuno se llama Tritón\*.

Necesita casi seis días de los nuestros para completar la órbita alrededor de Neptuno, lo cual lleva a cabo —es la única de las grandes lunas del Sistema Solar que lo hace— en la dirección opuesta a la rotación de su planeta (en el sentido de las agujas del reloj si convenimos que Neptuno lo hace en el sentido contrario). Tritón posee una atmósfera rica en nitrógeno, en cierto modo similar a la de Titán; pero, dado que el aire y la niebla son mucho más delgados, podemos vislumbrar su superficie. Sus paisajes son variados y espléndidos. Se trata de un mundo de hielos: hielo de nitrógeno y hielo de metano, probablemente con un fondo de hielo de agua y roca. Se observa la presencia de cuencas de impacto que, al parecer, estuvieron inundadas de líquido antes de congelarse (de modo que en algún momento hubo lagos en Tritón); también presenta cráteres de impacto, valles

---

\* Robert Goddard, el inventor del cohete moderno de combustible líquido, imaginó un tiempo en que las expediciones a las estrellas se equiparían y serían lanzadas desde Tritón. Eso fue en una ocurrencia posterior, fechada en 1927, a un manuscrito de 1918 llamado *La última migración*. Considerado atrevido en extremo para ser publicado, fue depositado en la caja fuerte de uno de sus amigos. La portada contiene una advertencia: «Estas notas sólo deben ser leídas con atención por personas optimistas.»

cruzados en todas direcciones, amplias llanuras cubiertas de nieves de nitrógeno, caídas recientemente, terreno arrugado que se asemeja a la piel de un cantaloupe\* y unas rayas largas, oscuras y más o menos paralelas que parecen haber sido arrastradas por el viento y luego depositadas sobre la superficie helada, a pesar de lo escasa que es la atmósfera de Tritón (aproximadamente 1/10000 del espesor de la atmósfera de la Tierra).

Todos los cráteres de Tritón son prístinos, como si hubieran sido estampados por algún enorme mecanismo de acuñación. No se observan paredes derruidas ni relieves modificados. Incluso con la periódica caída y evaporación de nieves, parece como si nada hubiera erosionado la superficie de Tritón a lo largo de miles de millones de años. Así pues, todos los cráteres que fueron excavados durante la formación de Tritón debieron de rellenarse y quedar cubiertos por algún fenómeno primitivo de reestructuración global de la superficie. Tritón órbita alrededor de Neptuno en la dirección opuesta a la rotación de dicho planeta, a diferencia de lo que sucede con la Tierra y su luna, así como con la mayoría de las grandes lunas del sistema solar. Si Tritón se hubiera formado a partir del mismo disco rotatorio que produjo a Neptuno, debería dar vueltas a su alrededor en la misma dirección de rotación que éste. Así pues, Tritón no se originó en la nebulosa local original alrededor de Neptuno, sino que surgió en alguna otra parte —quizá mucho más allá de Plutón— y fue capturada de forma casual por su gravedad al pasar demasiado cerca de él. Este evento tuvo que levantar enormes mareas de cuerpos sólidos en Tritón, frunciendo su superficie y borrando toda huella de su topografía anterior.

En algunos lugares la superficie es tan blanca y brillante como las nieves antárticas recién caídas (y puede ofrecer una experiencia de esquí sin igual en todo el sistema solar). En otros aparece teñida, presentando matices que van desde el rosa hasta el marrón. Una explicación posible sería la siguiente: nieves recién caídas de nitrógeno, metano y otros hidrocarburos son irradiadas por luz solar ultravioleta y por electrones atrapados en el campo magnético de Neptuno, a través del cual avanza laboriosamente Tritón. Sabemos que semejante irradiación convertiría las nieves (y los gases correspondientes) en sedimentos orgánicos complejos, rojizos y oscuros, *tholin* de hielo, sin indicios de vida, pero también aquí compuesto de algunas de las moléculas implicadas en el origen de la vida en la Tierra, cuatro mil millones de años atrás.

Durante el invierno local, las capas de hielo y nieve van acumulándose sobre la superficie. (Afortunadamente, la duración de nuestros inviernos es, en comparación, tan sólo de un cuatro por ciento.) A lo largo de la primavera sufren una lenta transformación y van acumulándose cada vez más moléculas orgánicas rojizas. Hacia el verano, el hielo y la nieve se han evaporado. Los gases liberados en el proceso emigran a través del planeta hasta el hemisferio de invierno y, una vez allí, cubren de nuevo la superficie de hielo y nieve. Pero las moléculas orgánicas rojizas no se evaporan ni son transportadas, constituyen un depósito

---

\* Cierta variedad de melón. (Nota de la traductora.)

rezagado y, al invierno siguiente, son cubiertas por nuevas nieves, que reciben a su vez la radiación, de manera que cada verano la capa de sedimento se hace más gruesa. A medida que pasa el tiempo, cantidades sustanciales de materia orgánica van apilándose sobre la superficie de Tritón, lo cual puede explicar sus delicadas marcas de color.

Las rayas se inician en regiones de origen pequeñas y oscuras, quizá cuando las altas temperaturas primaverales y veraniegas calientan las volátiles nieves subterráneas. Al vaporizarse, el gas sale disparado como en un geiser, arrastrando consigo las nieves y materia orgánica oscura menos volátil de la superficie. Los vientos de intensidad moderada se llevan por delante la materia orgánica, que va sedimentando lentamente en ese aire ligero y es depositada en el suelo, generando la apariencia de las rayas. Ésta es, por lo menos, una reconstrucción de la historia tritoniana reciente.

Tritón podría tener grandes casquetes polares estacionales de liso hielo de nitrógeno bajo capas de materiales orgánicos oscuros. Nieves de nitrógeno parecen haber caído recientemente en el ecuador. Precipitaciones de nieve, géiseres, polvo orgánico movido por el viento, así como nieblas de gran altitud, son fenómenos que resultan del todo inesperados en un mundo que posee una atmósfera tan delgada.

¿Por qué es tan ligero el aire? La razón es que Tritón se encuentra extremadamente alejado del Sol. Si pudiéramos coger este mundo y ponerlo en órbita alrededor de Saturno, los hielos de nitrógeno y metano se evaporarían rápidamente, se formaría una atmósfera mucho más densa de nitrógeno y metano gaseosos y la radiación generaría una niebla opaca de *tholin*. Se convertiría entonces en un mundo muy parecido a Titán. Si, a la inversa, situáramos a Titán en órbita alrededor de Neptuno, casi toda su atmósfera se helaría produciendo nieves y hielos, el *tholin* desaparecería y no sería reemplazado, el aire se aclararía y su superficie sería visible con luz normal. Obtendríamos un mundo muy parecido a Tritón.

Esos dos mundos no son idénticos. El interior de Titán parece contener mucho más hielo que el de Tritón, y una cantidad de roca notablemente menor. El diámetro de Titán dobla casi al de Tritón.

Aun así, si estuvieran ubicados a la misma distancia del Sol, parecerían hermanos. Alan Stern, del Instituto de Investigación del Sudoeste, sugiere que se trata de dos miembros de una amplia colección de pequeños mundos, ricos en nitrógeno y metano, que se formaron en el sistema solar primitivo. Plutón, que todavía debe ser visitado por una nave espacial, parece otro miembro de dicho grupo. Puede que más allá de Plutón, muchos más estén esperando a ser descubiertos. Las delgadas atmósferas y superficies heladas de todos esos mundos están siendo irradiadas —al menos por rayos cósmicos, si no por otro tipo de rayos— y se están formando conglomerados orgánicos ricos en nitrógeno. Así pues, parece indudable que la materia de la vida no solamente se halla presente en Titán, sino que se encuentra esparcida por los pálidos y fríos confines más

exteriores de nuestro sistema planetario.

Recientemente se ha descubierto otra clase de objetos pequeños, cuyas órbitas los llevan –al menos parte del tiempo– más allá de Neptuno y Plutón. Llamados en ocasiones planetas menores o asteroides, es más probable que se trate de cometas inactivos (sin cola, claro está; tan lejos del Sol sus hielos no tienen ocasión de vaporizarse con facilidad). No obstante, son más grandes que los cometas que comúnmente conocemos. Podrían ser la vanguardia de una amplia serie de pequeños mundos que se extienden desde la órbita de Plutón hasta medio camino de la estrella más cercana. La provincia más interior de la Nube de cometas de Oort, de la cual posiblemente formen parte estos nuevos objetos, recibe el nombre de Cinturón de Kuiper, en honor a mi tutor Gerard Kuiper, el primero en sugerir su existencia. Los cometas de corto periodo –como el Halley– surgen en el Cinturón de Kuiper, responden a los impulsos gravitatorios, van a parar a la parte interior del sistema solar, desarrollan sus colas y adornan nuestros cielos.

A fines del siglo XIX, esos bloques constructivos de mundos –entonces meras hipótesis– eran llamados «planetesimales». La palabra nos recuerda, supongo, de alguna manera, a «infinitesimales»: se necesita un número infinito de ellos para llegar a formar algo. No es *tan* extremo el caso de estos corpúsculos del espacio, si bien sería necesario un gran número de ellos para formar un planeta. Por ejemplo, para llegar a formar un planeta con la masa de la Tierra se requeriría la aglutinación de billones de cuerpos del tamaño de un kilómetro cada uno. Una vez hubo cantidades mucho mayores de pedazos de mundo en la porción planetaria del sistema solar. La mayoría de ellos han desaparecido en la actualidad, ya sea eyectados al espacio interestelar, engullidos por el Sol o sacrificados en la gran empresa de construir, lunas y planetas. Pero, más allá de Neptuno y Plutón, los desechos, los remanentes que nunca fueron agregados a mundos pueden estar a la espera, unos pocos más bien grandes, del orden de los cien kilómetros, y cantidades realmente imponentes de cuerpos de un kilómetro y más pequeños, salpicando el sistema solar exterior en todo el camino hacia la Nube de Oort.

En este sentido, sí hay planetas más allá de Neptuno y Plutón, pero ni con mucho tan grandes como los planetas jovianos, ni siquiera como Plutón. Mundos más grandes podrían ocultarse, por lo que sabemos, en la oscuridad más allá de Plutón, mundos que pueden ser llamados con toda propiedad planetas. Cuanto más alejados se encuentran, menos probabilidades existen de que hayamos podido detectarlos. Sin embargo, no pueden estar demasiado cerca de Neptuno, pues sus tirones gravitatorios habrían alterado perceptiblemente las órbitas de Neptuno y Plutón, así como las trayectorias de las naves espaciales *Pioneer 10* y *11* y *Voyager 1* y *2*.

Los cuerpos cometarios recién descubiertos (con nombres como 1992 QB y 1993 FW) no son planetas en este sentido. Si nuestro umbral de detección no ha podido abarcarlos hasta ahora, es muy probable que queden muchos de ellos por descubrir en el sistema solar exterior, tan lejos, que difícilmente son visibles desde la Tierra, tan lejos, que llegar hasta ellos requiere un viaje larguísimo. Pero naves

pequeñas y rápidas con destino a Plutón y más allá entran dentro de nuestras capacidades. Sería una excelente idea lanzar una misión de exploración a Plutón y su luna Caronte, y luego, si fuera posible, programar un encuentro exterior con alguno de los residentes del Cinturón de cometas Kuiper.

Los núcleos rocosos de Urano y Neptuno, similares al de la Tierra, parecen haberse apretado primero y haber atraído luego gravitatoriamente cantidades masivas de los gases hidrógeno y helio de la antigua nebulosa a partir de la cual se formaron los planetas. Originalmente, vivían en una tormenta de granizo. Sus gravedades eran apenas suficientes para eyectar lejos del dominio de los planetas, cuando se acercaban demasiado, trozos de mundo helados que pasaban a poblar la Nube de cometas de Oort. Júpiter y Saturno se convirtieron en gigantes gaseosos por ese mismo proceso. Pero sus gravedades eran demasiado fuertes para formar parte de la Nube de Oort: los mundos helados que se acercaban a ellos salían gravitatoriamente despedidos hacia el exterior del sistema solar, condenados a vagar para siempre en el inmenso océano de la oscuridad interestelar.

Por tanto, los hermosos cometas que ocasionalmente nos causaban a los humanos admiración y temor, que producían cráteres en las superficies de los planetas interiores y de las lunas exteriores, y que hoy ponen en peligro la vida en la Tierra, resultarían desconocidos e inofensivos para nosotros si Urano y Neptuno no se hubieran desarrollado hasta convertirse en mundos gigantes, 4 500 millones de años atrás.

Ha llegado el momento de dedicar un breve interludio a los planetas situados *mucho* más allá de Neptuno y Plutón, los planetas de otras estrellas.

Muchas estrellas próximas se hallan rodeadas por delgados discos de gas y polvo orbitante, que se extienden a menudo hasta cientos de unidades astronómicas (UA)\* desde la estrella local (los planetas más exteriores, Neptuno y Plutón, se encuentra a unas 40 UA del Sol). Estrellas más jóvenes similares al Sol tienen más probabilidades de poseer discos que las viejas. En algunos casos existe un agujero en el centro del disco al igual que en un disco de vinilo. El agujero se extiende a unas 30 o 40 UA de la estrella. Eso se cumple, por ejemplo, en el disco que rodea las estrellas Vega y Epsilon Eridani. El agujero en el disco que rodea Beta Pictoris solamente se proyecta 15 UA desde la estrella. Existe una posibilidad real de que esas zonas interiores libres de polvo hayan sido desalojadas por planetas que se han formado allí recientemente. De hecho, dicho proceso de barrido es el que se ha pronosticado para la historia primitiva de nuestro sistema planetario. A medida que van progresando las observaciones, quizá puedan detectarse detalles reveladores en la configuración de las regiones de polvo y de las zonas carentes de él que indiquen la presencia de planetas demasiado pequeños y oscuros para ser vistos directamente. Los datos espectroscópicos sugieren que dichos discos giran y que la materia se precipita hacia las estrellas centrales, tal vez procedente de cometas formados en el disco, desviados por los planetas que no percibimos, y se evapora al aproximarse demasiado al sol local.

---

\* Una unidad astronómica equivale a 150000000 de kilómetros. (Nota de la traductora)

Dado que los planetas son pequeños y brillan con luz reflejada, tienden a desvanecerse en el resplandor del sol local. Sin embargo, actualmente se están efectuando importantes esfuerzos para descubrir planetas formados enteramente alrededor de las estrellas cercanas. Dichos trabajos consisten en detectar cualquier disminución, por breve y débil que sea, de la luz de la estrella, al interponerse entre ella y el observador en la Tierra un planeta oscuro, o bien tratan de registrar leves fluctuaciones en el movimiento de la estrella al ser tirada, primero de un lado y luego del otro, por un compañero de órbita de otro modo invisible. De todas maneras, las técnicas de transporte espacial serán mucho más sensibles a dichos fenómenos. Un planeta joviano moviéndose alrededor de una estrella cercana es aproximadamente mil millones de veces más pálido que su sol; no obstante, una nueva generación de telescopios basados en la Tierra, capaces de compensar el centelleo en la atmósfera terrestre, podrán detectar planetas así en un futuro próximo, con tan sólo unas pocas horas de observación. Un planeta terrestre de una estrella vecina es incluso cien veces más pálido, pero ahora parece que naves espaciales, de bajo coste comparativamente hablando, podrían detectar otras Tierras por encima de la atmósfera de nuestro planeta. Ninguna de estas investigaciones ha tenido éxito hasta el momento, pero está claro que estamos a punto de ser capaces de detectar planetas, al menos del tamaño de Júpiter, alrededor de las estrellas más cercanas, si es que existen realmente.

Un descubrimiento reciente de extraordinaria importancia, y muy afortunado por lo casual, es el hallazgo de un sistema planetario auténtico alrededor de una estrella remota, a unos 1300 años luz de distancia, realizado mediante una técnica de lo más inesperada: el pulsar designado como B 1257 + 12 es una estrella de neutrones en rotación rápida, un sol increíblemente denso, un residuo de una estrella masiva que sufrió una explosión de supernova. Esta estrella gira, a un ritmo medido con impresionante precisión, una vez cada 0,0062185319388187 segundos. Dicho pulsar se mueve a diez mil revoluciones por minuto.

Las partículas cargadas cautivas en su intenso campo magnético generan ondas de radio que alcanzan la Tierra, de alrededor de 160 parpadeos por segundo. Cambios pequeños pero discernibles en la proporción de los destellos fueron interpretados experimentalmente, en 1991, por Alexander Wolszczan, actualmente en la Universidad Estatal de Pennsylvania, como un minúsculo movimiento reflejo del pulsar en respuesta a la presencia de planetas. En 1994, las anteriormente predichas interacciones gravitatorias mutuas de esos planetas fueron confirmadas por Wolszczan a partir de un estudio de medición del ritmo a nivel de microsegundos en el transcurso de años. La evidencia de que se trata realmente de nuevos planetas y no de temblores sobre la superficie de neutrones de la estrella (o algo así) es hoy aplastante o, tal como lo formula Wolszczan, «irrefutable»; un nuevo sistema solar ha sido «identificado sin ambigüedades». A diferencia de todas las técnicas restantes, el método de medición del ritmo de los pulsares hace que la detección de los planetas terrestres cercanos sea comparativamente más fácil, mientras que la de los planetas jovianos más distantes resulta más difícil.

El planeta C, unas 2,8 veces más masivo que la Tierra, completa una órbita alrededor del pulsar cada 98 días, a una distancia de 0,47 unidades astronómicas (UA) (La Tierra, por definición, se encuentra a una UA de su estrella, el Sol.); el planeta B, con una masa de cerca de 3,4 veces la de la Tierra, tiene un año de 67 días terrestres y está a 0,36 UA. Un mundo más pequeño, el planeta A, todavía más cercano a la estrella, con cerca de 0,015 masas de la Tierra, se encuentra a 0,19 UA. A grandes rasgos, el planeta B se halla aproximadamente a la distancia que separa a Mercurio de nuestro Sol; el planeta C se encuentra a medio camino entre las distancias de Mercurio y Venus; y en una posición interior a los dos se sitúa el planeta A, que tiene una masa cercana a la de la Luna y se halla aproximadamente a la mitad de la distancia entre Mercurio y nuestro Sol. Si estos planetas son residuos de un sistema planetario primitivo que, de alguna manera, sobrevivió a la explosión de supernova que produjo el pulsar, o si se formaron a partir del disco de acreción circunestelar resultante de la explosión de supernova, es algo que desconocemos. Pero, en cualquier caso, hemos aprendido que existen otras Tierras.

La energía que genera el B 1257 + 12 es de cerca de 4,7 veces la del Sol. Pero, a diferencia del Sol, mucha de esa energía no se canaliza en luz visible, sino en un potente huracán de partículas cargadas eléctricamente. Supongamos que dichas partículas chocan contra los planetas y los calientan. En ese caso, incluso un planeta a 1 UA soportaría en su superficie una temperatura de alrededor de 280 centígrados por encima del punto normal de ebullición del agua, una temperatura, en definitiva, más elevada que la de Venus.

Por lo tanto, estos planetas oscuros y tórridos no parecen habitables. No obstante puede haber otros, más allá del B 1257 + 12, que sí lo sean. (Existen algunas pistas que apuntan a por lo menos un mundo joviano exterior y más frío en el sistema del B 1257 +12.) Naturalmente, ni siquiera sabemos si esos mundos conservan sus atmósferas; tal vez toda atmósfera fue desmantelada en la explosión de supernova, si se remontan tan atrás. Pero sí parece que estamos detectando un sistema planetario reconocible. Probablemente, muchos más serán descubiertos en las próximas décadas, tanto alrededor de estrellas ordinarias del tipo del Sol como alrededor de enanas blancas, pulsares y otros estadios finales de la evolución estelar.

Con el tiempo dispondremos de una lista de sistemas planetarios, tal vez cada uno de ellos con planetas terrestres y jovianos, y quizá también nuevas clases de planetas. Examinaremos dichos mundos espectroscópicamente y con otros medios. Seguiremos buscando nuevas Tierras, así como la posible existencia de vida.

En ninguno de los mundos del sistema solar exterior pudo el *Voyager* encontrar indicios de vida, y mucho menos de inteligencia. Sí había materia orgánica en abundancia —la materia de la vida, la premonición de vida, quizá— pero, por lo que pudo verse, ni un solo ser viviente. No había oxígeno en sus atmósferas, ni tampoco gases completamente fuera del equilibrio químico, como es el caso del metano en el oxígeno de la Tierra. Muchos de los mundos aparecían teñidos de sutiles colores, pero ninguno presentaba rasgos de absorción tan agudos y



distintivos como el que provee la clorofila sobre la mayor parte de la faz de la Tierra. En muy pocos mundos fue capaz el *Voyager* de captar detalles con una resolución tan grande como supone un kilómetro de distancia. A ese nivel, ni siquiera habría detectado nuestra propia civilización tecnológica de haber sido ésta trasplantada al sistema solar exterior. Pero por lo que merece la pena, no encontramos formas regulares, ni geometrización, ni pasión por los círculos pequeños, los triángulos, los cuadrados o los rectángulos. No había constelaciones de puntos fijos de luz en los hemisferios nocturnos. No se hallaron indicios de civilización técnica alguna remodelando la superficie de ninguno de esos mundos.

Los planetas jovianos son prolíficos transmisores de ondas de radio, generadas en parte por las abundantes partículas cargadas cautivas y dirigidas en sus campos magnéticos, en parte por relámpagos y en parte por sus calientes interiores. No obstante, ninguna de esas emisiones reviste las características producidas por la vida inteligente o, al menos, ésa es la opinión de los expertos en la materia.

Claro está que nuestros razonamientos pueden ser obtusos. Puede que se nos esté escapando algo. Por ejemplo, hay un poco de anhídrido carbónico en la atmósfera de Titán que coloca su atmósfera de nitrógeno y metano fuera del equilibrio químico. Pienso que el CO<sub>2</sub> es debido a la lluvia constante de cometas que se precipitan sobre la atmósfera de Titán, aunque puede que no sea así. También cabe la posibilidad de que haya algo en su superficie que, inexplicablemente, genere CO<sub>2</sub> a pesar de todo ese metano.

Las superficies de Miranda y Tritón son distintas de cualquier otra cosa que conozcamos. Presentan vastos territorios en forma de galón y líneas rectas entrecruzadas, que sobrios geólogos planetarios llegaron a describir alguna vez maliciosamente como «autopistas». Creemos que comprendemos (apenas) esas formas del terreno en términos de imperfecciones y colisiones, pero naturalmente podemos estar equivocados.

Las manchas de materia orgánica de la superficie —que en ocasiones, como en Tritón, adoptan delicados matices— se atribuyen a las partículas cargadas eléctricamente, que producen reacciones químicas en los hielos de hidrocarburos simples, generando materiales orgánicos más complejos, aunque nada de eso tiene que ver con la intermediación de la vida. No obstante, también podemos estar equivocados.

Las complejas formas de parásitos, estallidos y silbidos de radio que recibimos de los cuatro planetas jovianos parecen explicables, de un modo general, por la física de plasma y la emisión térmica. (Todavía hoy hay muchos aspectos concretos que no se comprenden del todo.) Pero, naturalmente, es posible que estemos equivocados.

No hemos encontrado nada en docenas de mundos, y podemos afirmarlo con tanta claridad y contundencia como se manifestaron los signos de vida que detectó la nave *Galileo* en sus vuelos junto a la Tierra. La vida es una hipótesis de último recurso. Acudimos a ella cuando no existe otro modo de explicar lo que estamos percibiendo. Si tuviera que aventurar un juicio, diría que no hay vida en ningún

otro mundo de los que hemos estudiado, exceptuando, claro está, el nuestro. Pero podría estar equivocado, y, verdadera o falsa, mi opinión se halla necesariamente restringida a este sistema solar. Tal vez en alguna nueva misión hallemos algo distinto, algo sorprendente, algo del todo inexplicable con las herramientas comunes de la ciencia planetaria. En ese caso, trémula y cautelosamente, nos volveremos hacia una explicación biológica. Sin embargo, por el momento, nada nos mueve a recurrir a ese camino. Hasta el día de hoy, la única vida en el sistema solar es la que procede de la Tierra. En los sistemas de Urano y Neptuno el único indicio de vida fue la propia nave *Voyager*.

Cuando identifiquemos los planetas de otras estrellas, en el momento en que descubramos otros mundos, aproximadamente del tamaño y la masa de la Tierra, los escudriñaremos a fondo en busca de indicios de vida. Puede que en algún mundo que nunca hayamos fotografiado se detecte una densa atmósfera de oxígeno. Al igual que en la Tierra, ello puede constituir en sí una señal de la presencia de vida. Una atmósfera de oxígeno con cantidades apreciables de metano sería un síntoma de vida casi seguro, lo mismo que la captación de emisiones de radio moduladas. Algún día, gracias a observaciones de nuestro sistema planetario o de otro, la noticia del hallazgo de vida en otro lugar nos sorprenderá a la hora del desayuno.

Las naves espaciales «VOYAGER» viajan con destino a las estrellas. Se hallan en trayectorias de escape del sistema solar, surcando el espacio a razón de casi un millón seiscientos mil kilómetros diarios. Los campos gravitatorios de Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno las han impulsado a velocidades tan altas que han roto los vínculos que en otro tiempo las unían con el Sol.

¿Han abandonado ya el sistema solar? La respuesta depende mucho de cómo definamos la frontera de los dominios del Sol. Si ésta se sitúa en la órbita del planeta de tamaño regular más exterior, entonces los *Voyager* ya la han atravesado hace tiempo; probablemente no existan Neptunos todavía por descubrir. Si nos referimos al planeta más exterior, puede que haya otros planetas —similares quizá a Tritón— mucho más allá de Neptuno y Plutón; de ser así, el *Voyager 1* y el *Voyager 2* se encuentran todavía dentro de los confines del sistema solar. En caso de que definamos los límites exteriores del sistema solar como la heliopausa —donde las partículas y campos magnéticos interplanetarios son reemplazados por sus contrapartidas interestelares—, entonces ninguno de los *Voyager* ha abandonado todavía el sistema solar, si bien puede que lo hagan en el plazo de unas pocas décadas.\* Pero si su definición del borde del sistema solar corresponde

---

\* Se cree que las señales de radio que ambas naves *Voyager* detectaron en 1992 son debidas a una colisión de fuertes rachas de viento solar con el gas ligero que se halla entre las estrellas. A partir de la inmensa potencia de la señal (más de 10 billones de vatios) se puede efectuar una estimación de la distancia hasta la heliopausa: aproximadamente cien veces la distancia desde el Sol a la Tierra. A la velocidad a que se aleja del sistema solar, el *Voyager 1* podría penetrar en la heliopausa e introducirse en el espacio interestelar alrededor del año 2010. Si su fuente de energía radiactiva todavía lo permite, transmitirá a la Tierra las noticias de esa travesía. La energía liberada por la colisión de esta onda de choque con la heliopausa la convierte en la fuente más potente de emisión de radio en el sistema solar. Uno se pregunta si choques todavía más fuertes en otros sistemas planetarios serían detectables por nuestros radiotelescopios.

a la distancia en la cual nuestra estrella no puede ya mantener mundos en órbita a su alrededor, en ese caso los *Voyager* no dejarán el sistema solar durante cientos de siglos.

Débilmente afectada por la gravedad del Sol, que se propaga en el cielo en todas direcciones, se encuentra esa inmensa horda de un billón de cometas o más, la Nube de Oort. Las dos naves espaciales concluirán su paso a través de la Nube de Oort aproximadamente dentro de veinte mil años. Luego, por fin, completando su largo adiós al sistema solar, liberándose del yugo gravitatorio que los había mantenido encadenados al Sol, los *Voyager* llegarán al mar abierto del espacio interestelar. Solamente entonces dará comienzo la Fase Dos de su misión.

Con sus transmisores de radio fallecidos mucho tiempo atrás, las naves deambularán durante incontables años por la tranquila y fría negrura del espacio interestelar, donde no hay prácticamente nada que pueda erosionarlas. Una vez abandonado el sistema solar, permanecerán intactas durante mil millones de años o más, circunnavegando el centro de la galaxia Vía Láctea.

No sabemos si existen en la Vía Láctea otras civilizaciones que naveguen por el espacio. Si las hay, no sabemos cuántas son, ni mucho menos dónde se encuentran. Pero existe al menos una posibilidad de que, en algún momento del futuro remoto, uno de los *Voyager* sea interceptado y examinado por alguna nave extraterrestre.

En consecuencia, cuando los *Voyager* partieron de la Tierra con rumbo a los planetas y las estrellas, se llevaron consigo un disco fonográfico recubierto de oro, protegido por una reluciente funda de oro, que contenía entre otras cosas; saludos en 59 idiomas humanos y en un lenguaje de ballenas; un ensayo evolutivo en audio, de doce minutos de duración, sobre «los sonidos de la Tierra», que incluye un beso, el llanto de un bebé y el registro de un electroencefalograma con las reflexiones de una joven enamorada; 116 imágenes codificadas sobre nuestra ciencia, nuestra civilización y nosotros mismos; y también noventa minutos de la mejor música del mundo —de Oriente y Occidente, clásica y folk, incluyendo un canto nocturno de los navajos, un *shakuhachi* japonés, una canción de iniciación de una niña pigmeo, una canción de boda peruana, una composición china de tres mil años de antigüedad para quin titulada *Corrientes que fluyen*, Bach, Beethoven, Mozart, Stravinsky, Louis Armstrong, Blind Willie Johnson y el *Johnny B. Goode* de Chuck Berry.

El espacio está casi vacío. No existe virtualmente ninguna posibilidad de que uno de los *Voyager* penetre alguna vez en otro sistema solar, y ello es cierto incluso en el caso de que cada estrella del firmamento vaya acompañada de planetas. Las instrucciones en las fundas de los discos, escritas en lo que consideramos jeroglíficos científicos fácilmente comprensibles, podrán ser leídas y entendidos los contenidos del disco, solamente si seres extraterrestres en algún momento del futuro remoto encuentran un *Voyager* en las profundidades del espacio interestelar. Y dado que los *Voyager* estarán dando vueltas por el centro de la galaxia Vía Láctea para siempre, queda muchísimo tiempo para que los discos puedan ser hallados, si es que hay alguien ahí afuera para efectuar el descubrimiento.

No podemos saber hasta qué punto comprenderían los discos. A buen seguro los saludos les resultarán indescifrables, aunque puede que no la intención que entrañan. (Pensamos que habría sido de mala educación no decir hola.) Es probable que los hipotéticos extraterrestres sean muy diferentes a nosotros, al haber evolucionado de forma independiente en otro mundo. ¿Seguro que podrán entender algo de nuestro mensaje? Pero cada vez que me asalta esa preocupación me tranquilizo; sea cual sea el grado de incomprendibilidad del disco de los *Voyager*, cualquier nave extraterrestre que lo encuentre dispondrá de otros elementos para juzgarnos. Cada *Voyager* constituye un mensaje en sí mismo. Con su finalidad de exploración, la elevada ambición de sus objetivos, su total ausencia de intención de causar daño y la brillantez de su diseño y funcionamiento, esos robots hablan elocuentemente en nuestro favor.

Siendo científicos e ingenieros mucho más avanzados que nosotros —pues de otro modo nunca habrían sido capaces de hallar y recoger las diminutas y silenciosas naves en el espacio interestelar—, quizá los extraterrestres no tendrían dificultad en descifrar lo que llevan codificado esos discos de oro. Puede que reconocieran el carácter experimental de nuestra sociedad, el desajuste entre nuestra tecnología y nuestra sabiduría. Y se preguntarían, tal vez, si nos hemos destruido ya a nosotros mismos desde que lanzamos los *Voyager* o si, por el contrario, hemos avanzado hacia una mayor sofisticación.

Cabe también la posibilidad de que los *Voyager* nunca lleguen a ser interceptados. Quizá en cinco mil millones de años nadie se los encuentre. Cinco mil millones de años es mucho tiempo. En ese plazo todos los humanos se habrán extinguido o habrán evolucionado hacia seres diferentes, ninguno de nuestros artefactos habrá sobrevivido sobre la Tierra, los continentes se habrán alterado hasta quedar irreconocibles o habrán quedado destruidos, y la evolución del Sol habrá reducido nuestro planeta a cenizas o lo habrá transformado en un remolino de átomos.

Lejos de casa, inalterados por tan remotos acontecimientos, los *Voyager*, portadores de la memoria de un mundo ya extinguido, continuarán navegando por el espacio.

# NEGRO SAGRADO

El cielo profundo es, de entre todas las impresiones visuales, la que más se asemeja a un sentimiento.  
SAMUEL TAYLOR COLERIDGE, *Notebooks* (1805)

El intenso azul de una despejada mañana del mes de mayo o los tonos rojos y anaranjados de una puesta de sol sobre el mar han maravillado desde siempre a los seres humanos y los han empujado a la poesía y a la ciencia. No importa en qué punto de la Tierra vivamos, cuál sea nuestro idioma, costumbres o régimen político. Compartimos un mismo cielo. La mayoría de nosotros *esperamos* ese azul celeste y quedaríamos boquiabiertos —con razón— si una mañana nos levantásemos de la cama y descubriéramos un cielo sin nubes, de color negro, amarillo o verde. (Los habitantes de Los Angeles y de Ciudad de México se han habituado a cielos marrones, en tanto que los de Londres o Seattle los tienen grises, por lo general, pero aun así consideran el azul celeste como la norma planetaria.) No obstante, en realidad sí existen mundos con cielos negros o amarillos, y quizá incluso verdes. El color del cielo caracteriza el mundo. Si me dejaran caer en cualquiera de los planetas del sistema solar, sin que pudiera sentir la gravedad ni examinar el suelo, echando una rápida mirada al Sol y al cielo, creo que sería perfectamente capaz de deducir dónde me encuentro. Ese familiar matiz de azul, interrumpido aquí y allá por esponjosas nubes blancas, constituye la rúbrica de nuestro mundo. Los franceses han acuñado la expresión *sacre-bleu!*, que se traduce más o menos por «¡Cielo santo!».\*

Literalmente significa «¡azul sagrado!». Y verdaderamente, si tuviéramos que escoger una bandera genuina para representar a la Tierra, ése debería ser su color.

Los pájaros vuelan por él, las nubes se hallan suspendidas en él, los seres humanos lo admiramos y lo atravesamos rutinariamente, la luz del Sol se extiende por él. Pero ¿qué es el cielo? ¿De qué está hecho? ¿Dónde termina? ¿De qué cantidad de cielo disponemos? ¿De dónde procede todo ese azul? Si es un lugar común para todos los humanos, si caracteriza nuestro mundo, seguro que sabemos algo de él. ¿Qué es el cielo?

En agosto de 1957, por primera vez, un ser humano ascendió más arriba del azul y miró a su alrededor. Eso fue cuando David Simmons, un físico y oficial retirado de las Fuerzas Armadas, se convirtió en el ser humano que voló más alto de la historia. Completamente solo, pilotó un globo en el que se elevó a una altitud de

---

\* Esta exclamación era originalmente un eufemismo para los que consideraban que *Sacre-Dieu!* era una blasfemia demasiado fuerte, considerando debidamente el segundo mandamiento, para ser pronunciada en voz alta.

más de treinta kilómetros y, a través de sus gruesas ventanas, contempló un cielo distinto. Actualmente profesor en la Escuela de Medicina de la Universidad de California en Irvine, el doctor Simmons recuerda que el cielo sobre su cabeza era oscuro y de un intenso color púrpura. Había alcanzado la región de transición donde el azul del nivel terrestre se ve alcanzado por el negro perfecto del espacio.

Desde el ya casi olvidado vuelo de Simmons, personas de muchas naciones han volado por encima de la atmósfera. Hoy ha quedado claro, gracias a la repetida y directa experiencia humana (y robótica), que en el espacio el cielo diurno es negro. El Sol proyecta sus rayos sobre la nave. Abajo, la Tierra aparece brillantemente iluminada. Pero arriba, el cielo es negro como la noche.

He aquí la memorable descripción de Yuri Gagarin en relación con lo que vio en el primer vuelo espacial de la especie humana, a bordo del *Vostok 1*, el 12 de abril de 1961:

El cielo es completamente negro, y contra el fondo de este cielo negro las estrellas aparecen en cierto modo más brillantes y diferenciadas. La Tierra presenta un halo azul muy hermoso y característico, que se ve muy bien al observar el horizonte. Hay una suave transición de color que va del azul celeste, al azul, azul marino y púrpura, para acabar en el tono completamente negro del cielo. Es una transición realmente bella.

Sin duda alguna, el cielo diurno –todo ese azul– está conectado de algún modo con el aire. Pero cuando uno mira al otro lado de la mesa, el comensal de enfrente no es azul (por lo general); el color del cielo no debe ser una propiedad de una cantidad reducida de aire, sino de una gran cantidad. Si uno contempla detenidamente la Tierra desde el espacio, la verá rodeada de una estrecha banda de azul, del espesor de las capas bajas de la atmósfera; de hecho, lo que estará viendo *son* las capas bajas de la atmósfera. Por encima de esa banda descubrirá el azul del cielo diluyéndose en la negrura del espacio. Esa es la zona de transición que Simmons fue el primero en penetrar y Gagarin el primero en contemplar desde arriba. En vuelos espaciales rutinarios se parte de la base azul, se atraviesa por completo esa franja, pocos minutos después del despegue, y a continuación se penetra en esos dominios sin fronteras donde resulta imposible tomar una sola bocanada de aire sin la ayuda de sofisticados sistemas de respiración asistida. La vida humana depende absolutamente de ese cielo azul. Tenemos mucha razón al apreciarlo y considerarlo sagrado.

Durante el día percibimos el azul porque la luz del Sol rebota en el aire que nos rodea y que está encima de nosotros. En una noche despejada, el cielo es negro al no haber una fuente de luz lo suficientemente intensa para ser reflejada por el aire. En cierto modo, el aire refleja hacia nosotros preferentemente la luz azul. ¿Cómo lo hace?

La luz visible del Sol se compone de muchos colores –violeta, azul, verde, amarillo, naranja, rojo–, que corresponden a la luz de distintas longitudes de onda. (La longitud de onda es la distancia de cresta a cresta a medida que la onda

viaja a través del aire o del espacio.) Las ondas de luz violeta y azul tienen las longitudes de onda más cortas; el naranja y el rojo las más largas. Lo que percibimos como color es el modo que tienen nuestros ojos y cerebros de leer las longitudes de onda de la luz. (Podríamos, por ejemplo, traducir las longitudes de onda de la luz en tonos captados por el oído, en lugar de en colores registrados por la vista, pero nuestros sentidos no han evolucionado por esa vía.)

Cuando todos esos colores del arco iris se mezclan, como en la luz solar, resulta un tono prácticamente blanco. Esas ondas viajan juntas por espacio de ocho minutos a través de los 150 millones de kilómetros que se interponen entre el Sol y la Tierra, y chocan contra la atmósfera, compuesta en su mayor parte de moléculas de nitrógeno y oxígeno. Algunas ondas son rebotadas por el aire de regreso al espacio. Otras son rebotadas antes de que la luz alcance el suelo y pueden ser detectadas por el ojo al pasar. (Asimismo, hay ondas que son rebotadas por nubes o por el suelo de vuelta al espacio.) Ese rebote en todas direcciones de las ondas de luz en la atmósfera recibe el nombre de «dispersión».

Pero no todas las ondas son dispersadas en igual medida por las moléculas de aire. Las longitudes de onda mucho más largas que el tamaño de las moléculas se dispersan menos; superan a las moléculas sin apenas recibir ninguna influencia por su presencia. Las longitudes de onda más cercanas al tamaño de las moléculas sufren una mayor dispersión. En general, las ondas difícilmente pueden ignorar la presencia de obstáculos, sea cual sea su tamaño. (Ello se pone claramente de manifiesto en el agua, cuando las ondas se topan con el pilote que sostiene un puente, por ejemplo, o en una bañera con el grifo abierto, cuando el agua choca con el obstáculo de un patito de goma.) Las longitudes de onda más cortas, las que apreciamos como luz violeta y azul, se dispersan con mayor eficacia que las más largas, las que percibimos como luz naranja y roja. Cuando miramos al cielo en un día despejado y admiramos su color azul, estamos presenciando la dispersión preferente de las ondas cortas de la luz solar. El fenómeno recibe el nombre de dispersión Rayleigh, en honor al físico británico que ofreció la primera explicación coherente para el mismo. El humo de un cigarrillo es azul por la misma razón: las partículas que lo componen son aproximadamente de la misma medida que la longitud de onda de la luz azul. Entonces ¿por qué es roja la puesta de sol? El rojo del crepúsculo es lo que queda de la luz solar una vez el aire ha dispersado ya el azul. Dado que la atmósfera es una delgada envoltura de gas, sujeta a la gravedad que rodea a la Tierra sólida, la luz solar debe efectuar una trayectoria más larga y oblicua a través del aire durante el crepúsculo (o el amanecer) que al mediodía. Como las ondas violetas y azules se dispersan aún más durante su ahora más largo trayecto a través del aire que cuando el Sol está en su punto más alto, lo que vemos cuando miramos hacia el Sol es el residuo, las ondas de luz que apenas se dispersan, especialmente los rojos y anaranjados. Un cielo azul implica una puesta de sol roja. (El Sol del mediodía parece más amarillo, en parte porque emite más luz amarilla que de otros colores y, en parte, porque incluso cuando está más alto, algo de luz azul de los rayos solares es dispersada por la atmósfera de la Tierra.)

En ocasiones se dice que los científicos no son románticos en absoluto, que su pasión por los descubrimientos despoja al mundo de una parte de su belleza y misterio. Pero ¿acaso no es estimulante comprender cómo funciona el mundo realmente, saber que la luz se compone de colores, que el aire transparente refleja la luz, que haciendo eso discrimina entre las ondas y que el cielo es azul por la misma razón que el crepúsculo es rojo? No le hace ningún daño al romanticismo de una puesta de sol saber algunas cosas sobre la misma. Dado que muchas moléculas simples son aproximadamente del mismo tamaño (más o menos de una cienmillonésima de centímetro), el color azul del cielo terrestre no depende demasiado de la composición del aire, mientras éste no *absorba* la luz. Las moléculas de oxígeno y de nitrógeno no absorben la luz visible, solamente la rebotan en otra dirección. Sin embargo, otras moléculas devoran la luz. Los óxidos de nitrógeno –producto de los motores de automoción y de los fuegos industriales– constituyen una fuente de la sombría coloración marrón del *smog*. Los óxidos de nitrógeno (compuestos de oxígeno y nitrógeno) *sí* absorben la luz. La absorción, al igual que la dispersión, puede colorear el cielo.

Otros mundos, otros cielos: Mercurio, la Luna de la Tierra y la mayor parte de satélites de los demás planetas son mundos pequeños; a causa de la debilidad de sus gravedades son incapaces de retener sus atmósferas, que escapan al espacio. Entonces el vacío del espacio alcanza el suelo de esos mundos. La luz solar choca sin impedimentos con sus superficies, sin sufrir ni dispersión ni absorción en su camino. Los cielos de dichos mundos son negros, incluso al mediodía, circunstancia que hasta el momento ha sido presenciada solamente por doce seres humanos, las tripulaciones de alunizaje de las naves *Apolo 11* y *12*, y del *14* al *17*.

La siguiente tabla ofrece una completa lista de satélites del sistema solar. (Casi la mitad de ellos fueron descubiertos por las naves *Voyager*.) Todos tienen cielos negros, exceptuando Titán, la luna de Saturno, y quizá Tritón, el satélite de Neptuno, que son lo suficientemente grandes como para tener atmósfera. Y también todos los asteroides.

SESENTA Y DOS MUNDOS PARA EL TERCER MILENIO, LUNAS CONOCIDAS DE LOS PLANETAS (Y UN ASTEROIDE), ENUMERADAS POR ORDEN SEGÚN LA DISTANCIA QUE LAS SEPARA DE SUS RESPECTIVOS PLANETAS.							
TIERRA, 1	MARTE, 2	IDA, 1	JÚPITER, 16	SATURNO, 18	URANO, 15	NEPTUNO, 8	PLUTÓN, 1
Luna	Fobos Deimos	(sin nombre)	Metis Adrastea Amaltea Tebas Ío Europa Ganímedes Calisto Leda Himalia Lisítea Elara Ananke Carne Pasífae	Pan Atlas Prometeo Pandora Epimeteo Jano Mimas Encélado Tetis Telesto Calípsos Dione Elena Rea Titán	Cordelia Ofelia Bianca Crésida Desdémona Juliet Porcia Rosalind Belinda Puck Miranda Ariel Umbriel Titania Oberón	Náyade Thalasa Despina Galatea Larisa Proteo Tritón Nereida	Caronte



			Sínope	Hiperión Jápeto Febe			
--	--	--	--------	----------------------------	--	--	--

Venus tiene cerca de noventa veces más aire que la Tierra. Pero no está compuesto principalmente de oxígeno y nitrógeno, como el de nuestro planeta, sino que es anhídrido carbónico. No obstante, el anhídrido carbónico tampoco absorbe la luz visible. ¿Cuál sería la apariencia del cielo desde la superficie de Venus si éste no tuviera nubes? Con tanta atmósfera en medio no solamente se dispersan las ondas violetas y azules, sino también todos los colores restantes, el verde, el amarillo, el naranja y el rojo. Sin embargo, el aire es tan grueso que apenas nada de luz azul consigue llegar al suelo; es dispersada de vuelta al espacio por rebotes sucesivos cada vez más arriba. Así pues, la luz que alcanza el suelo debería estar fuertemente dominada por el rojo, como una puesta de sol de la Tierra en todo el cielo. Por otra parte, la presencia de azufre en las nubes altas debería teñir el cielo de amarillo. Las imágenes tomadas por los vehículos soviéticos de aterrizaje *Venera* confirman que los cielos de Venus presentan tonalidades que oscilan entre los amarillos y los anaranjados.

El caso de Marte es distinto. Es un mundo más pequeño que la Tierra con una atmósfera mucho más delgada. La presión en la superficie de Marte, de hecho, equivale aproximadamente a la de la altitud en la estratosfera de la Tierra a la cual ascendió Simmons. En consecuencia, cabría esperar que el cielo de Marte fuera negro o púrpura oscuro. La primera imagen en color de la superficie de dicho planeta fue obtenida en julio de 1976 por el vehículo de aterrizaje americano *Viking 1*, la primera nave que aterrizó con éxito sobre la superficie del planeta rojo. Los datos digitales fueron debidamente radiados desde Marte a la Tierra, así como la imagen en color compuesta por computadora. Para sorpresa de todos los científicos, pero de nadie más, esa primera imagen, difundida por la prensa, mostraba el cielo marciano de un confortable y familiar color azul, imposible para un planeta con una atmósfera tan insustancial. Algo había salido mal.

La imagen en una pantalla de televisión en color es una mezcla de tres imágenes monocromas, cada una de un tono distinto de luz, roja, verde y azul. Este mismo método de composición de color se emplea en los sistemas de proyección de imágenes de vídeo, que proyectan haces de luz roja, verde y azul para generar una imagen a todo color (incluyendo los tonos amarillos). Para obtener la composición de color adecuada, el aparato debe mezclar o equilibrar correctamente estas tres imágenes monocromas. Si se sube la intensidad del azul, por ejemplo, la imagen resultante será demasiado azul. Las imágenes que nos llegan del espacio requieren un equilibrio de colores similar. En ocasiones, los analistas informáticos disponen de una libertad considerable para efectuar dicha mezcla. Los analistas del *Viking* no eran astrónomos planetarios y, en lo que se refiere a esta primera imagen de Marte, se limitaron a mezclar los colores hasta que la composición les pareció «correcta». Estamos tan condicionados por nuestra experiencia sobre la Tierra que «correcto», naturalmente, implica un cielo azul. El color de la imagen fue

inmediatamente corregido —empleando pautas de calibración de colores que la nave llevaba incorporadas para este propósito— y la composición resultante no daba en modo alguno un cielo azul; la tonalidad oscilaba más bien entre el ocre y el rosa. Cierto que no era azul, pero tampoco era negro púrpura.

Ese *es* el verdadero color del cielo marciano. Gran parte de la superficie de Marte es desértica, y roja porque la arena es rojiza. De vez en cuando se producen violentas tormentas de arena que arrastran finas partículas de la superficie hacia las capas altas de la atmósfera. Estas tardan bastante tiempo en desaparecer y, antes de que el cielo se haya limpiado por completo, siempre se produce otra tempestad. Las tormentas de arena globales o casi globales tienen lugar prácticamente cada año marciano. Dado que las partículas rojizas se hallan en permanente suspensión en ese cielo, las futuras generaciones de seres humanos, que habrán nacido en Marte y pasarán toda su vida allí, considerarán este color salmón del cielo tan natural y familiar como nosotros nuestro azul celeste. Con una sola mirada al cielo diurno serán probablemente capaces de deducir cuánto tiempo ha pasado desde la última gran tormenta de arena.

Los planetas del sistema solar exterior —Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno— son de distinta clase. Se trata de mundos enormes con atmósferas gigantes, compuestas principalmente de hidrógeno y helio. Sus superficies sólidas se hallan a tal profundidad que no penetra hasta ellas ni un atisbo de luz solar. Allí abajo el cielo es negro, sin perspectivas de recibir nunca un solo rayo de sol. Esa perpetua noche sin estrellas puede iluminarse quizá, ocasionalmente, por algún relámpago. En cambio, en las capas altas de la atmósfera, donde alcanza la luz del Sol, aguarda una panorámica mucho más hermosa.

En Júpiter, por encima de una capa de niebla situada a gran altitud que se compone de partículas de hielo de amoníaco (más que de agua), el cielo es casi negro. Mucho más abajo, en la región de cielo azul, existen nubes multicolores con diferentes matices de amarillo-marrón, cuya composición es hoy por hoy desconocida. (Los posibles materiales que las conforman incluyen el azufre, el fósforo y moléculas orgánicas complejas.) Aún más abajo, el color del cielo se moverá entre el rojo y el marrón, a menos que las nubes en esa franja sean de espesores variados, de tal modo que donde sean delgadas puede aparecer algún pedazo de azul. A mayor profundidad, regresamos gradualmente a la noche perpetua. Algo similar ocurre en Saturno, pero allí los colores son mucho más apagados. Urano y especialmente Neptuno presentan un misterioso y austero color azul, a través del cual las nubes —algunas un poco más blanquecinas— son transportadas por vientos de fuerte intensidad. La luz solar llega a una atmósfera comparativamente limpia, compuesta básicamente de hidrógeno y helio, pero también rica en metano. Largas sendas de metano absorben la luz amarilla y especialmente la roja, dejando pasar los filtros verde y azul, aunque una delgada neblina de hidrocarburos rebaja un poco el azul. Puede que haya un nivel de profundidad donde el cielo sea verdoso.

La sabiduría convencional sostiene que la absorción por el metano y la

dispersión Rayleigh de la luz solar por una atmósfera profunda explican los azules de Urano y Neptuno. No obstante, el análisis de los datos del *Voyager* realizado por Kevin Baines, del JPL, parece demostrar que dichas causas son insuficientes. Al parecer, a una gran profundidad – quizá en las proximidades de unas hipotéticas nubes de sulfuro de hidrógeno – existe una sustancia azul muy abundante. Hasta ahora nadie ha sido capaz de explicar lo que podría ser. Los materiales azules son muy raros en la Naturaleza. Como ocurre siempre en la ciencia, los viejos misterios se disipan tan sólo para dar paso a otros nuevos. Tarde o temprano hallaremos también una explicación para éste.

Todos los mundos con cielos que no son negros tienen atmósferas. Si nos encontramos en la superficie y existe una atmósfera lo suficientemente gruesa para que podamos verla, es probable que haya una forma de atravesarla. En la actualidad mandamos nuestros instrumentos a surcar los cielos de colores de otros mundos. Algún día iremos nosotros mismos.

Ya se ha utilizado el paracaídas en las atmósferas de Venus y Marte, y está previsto emplearlo para Júpiter y Titán. En 1985 dos globos franco-soviéticos navegaron a través de los cielos amarillos de Venus. El globo *Vega 1*, de unos cuatro metros de diámetro, llevaba colgando a trece metros de distancia un equipo de instrumentos. El globo se infló en el hemisferio nocturno, estuvo flotando a 54 kilómetros de la superficie y transmitió datos durante casi dos días terrestres antes de que le fallaran las baterías. Durante ese tiempo cubrió 11600 kilómetros sobre la superficie de Venus, mucho más abajo. El globo *Vega 2* tenía un perfil casi idéntico. La atmósfera de Venus se ha empleado también como freno aéreo, modificando la órbita de la nave *Magallanes* por fricción con ese aire tan denso; se trata de una tecnología de futuro clave para convertir las naves de aproximación a Marte en vehículos de orbitaje y aterrizaje.

Una misión a Marte, programada para ser lanzada en 1998 y dirigida por Rusia, incluye un enorme globo de aire caliente de fabricación francesa, con el aspecto de una gran medusa. Está diseñado para posarse sobre la superficie de Marte con el frío de cada crepúsculo y alzar el vuelo al día siguiente, una vez calentado por la luz solar. Los vientos son tan fuertes que, si todo va bien, avanzará cientos de kilómetros cada día, saltando incluso por encima del polo norte. A primeras horas de la mañana, cuando se encuentre cerca del suelo, obtendrá imágenes de alta resolución y otros datos. El globo lleva una cuerda de arrastre, esencial para su estabilidad, concebida y diseñada por una organización privada con sede en Pasadena, California, la Sociedad Planetaria.

Dado que la presión sobre la superficie de Marte es aproximadamente la que hay a una altitud de 30480 metros en la Tierra, sabemos que allí podemos volar con aviones. El U-2, por ejemplo, o el SR-71 Blackbird se acercan rutinariamente a presiones tan bajas. Para Marte se han diseñado aviones con alas de incluso mayor envergadura.

El sueño de volar y el de los viajes espaciales son gemelos, concebidos por visionarios similares, dependientes de tecnologías aliadas y que han evolucionado

más o menos a la par. Cuando se alcanzan determinados límites prácticos y económicos en lo que respecta a los vuelos terrestres, surge la posibilidad de volar a través de los multicolores cielos de otros mundos.

Hoy casi es posible asignar combinaciones de color, basadas en los colores de las nubes y el cielo, a cada planeta del sistema solar, desde los cielos azufrados de Venus a los herrumbrosos cielos de Marte, pasando por los cielos aguamarina de Urano y el hipnótico y fantástico azul de Neptuno. *Sacre-jaune, sacre-rouge, sacre-vert*. Tal vez un día adornen las banderas de asentamientos humanos distantes en el sistema solar, en un tiempo en que las nuevas fronteras se están trasladando del Sol a las estrellas, y los exploradores se ven rodeados por el negro infinito del espacio. *Sacre-noir*.

CAPÍTULO 11

# LUCERO DE LA TARDE Y DEL ALBA

He aquí otro mundo que no  
pertenece a los hombres.

LI BAI, «Pregunta y respuesta en las  
montañas» (China, dinastía Tang, aprox. 730)

Lo vemos brillar al oeste durante el crepúsculo, persiguiendo al Sol en su descenso hacia el fondo del horizonte. Muchas personas tienen por costumbre formular un deseo («a una estrella») cada noche cuando lo vislumbran. Algunas veces el deseo se hace realidad.

También podemos espiarlo en el este, cuando huye del Sol poco antes del amanecer. En ambos casos más relumbrante que cualquier otro objeto celeste a excepción del Sol o la Luna, se le conoce como el lucero de la tarde y del alba. Nuestros antepasados no se percataron de que se trataba de un mundo, nunca demasiado alejado del Sol, pues describe una órbita a su alrededor más interior que la de la Tierra. Momentos antes de la puesta de sol o poco después del alba, se presenta a veces la ocasión de contemplarlo junto a una esponjosa nube blanca, y entonces descubrimos al compararlos que Venus presenta un pálido tono amarillo limón.

Por más que miremos por el ocular de un telescopio —aunque sea un gran telescopio, incluso el telescopio óptico de mayor envergadura de toda la Tierra— no nos será posible obtener ningún detalle. Durante meses y meses veremos un disco sin características aparentes que va atravesando fases sistemáticamente, como la Luna: Venus creciente, Venus lleno, Venus casi lleno, Venus nuevo. Ni una sola pista en relación con continentes u océanos.

Algunos de los primeros astrónomos que contemplaron Venus a través de un telescopio reconocieron que estaban examinando un mundo oculto bajo un manto de nubes. Las nubes, como sabemos ahora, están compuestas de gotitas de ácido sulfúrico concentrado y se tiñen de amarillo a causa de la presencia de cierta cantidad de azufre elemental. Se encuentran a gran altura. En luz visible ordinaria no se percibe una sola pista de cómo es la superficie de este planeta, situada a unos cincuenta kilómetros bajo la capa nubosa, y durante siglos no contábamos más que

con vagas suposiciones y teorías.

Cabría conjeturar que, observando con mayor atención, quizá pudiéramos descubrir algunas aberturas entre las nubes que nos irían revelando, día a día, pedazo a pedazo, la misteriosa superficie que es habitualmente inescrutable para nosotros. Entonces habría quedado atrás el tiempo de las suposiciones. Por término medio, la Tierra se halla semicubierta de nubes. En las primeras etapas de la exploración venusiana no considerábamos lógico que Venus estuviera tapada en un ciento por ciento. Si en lugar de eso lo estuviera solamente en un noventa por ciento, o incluso en un noventa y nueve por ciento, los parches momentáneamente despejados podrían revelarnos mucho.

En los años 1960 y 1961 se estaban ultimando los *Mariners 1 y 2*, las primeras naves americanas diseñadas para visitar Venus. Había quien, como yo mismo, opinaba que las naves debían ir equipadas con cámaras de vídeo, a fin de que pudieran transmitir imágenes a la Tierra. La misma tecnología se utilizaría unos cuantos años después cuando los *Rangers 7, 8 y 9* fotografiaron la Luna de camino hacia sus aterrizajes de emergencia, el último haciendo diana en el cráter Alfonso. Pero quedaba poco tiempo para la misión de Venus, y las cámaras eran muy pesadas. Algunos sostenían que las cámaras no eran propiamente instrumentos científicos, sino más bien objetos para la improvisación, el deslumbramiento y la gratificación del público, pero incapaces de responder a una sola incógnita científica directa y bien formulada. Se me ocurrió que la cuestión de si la capa de nubes presentaba realmente interrupciones podía ser muy bien una de esas preguntas. Argumenté que las cámaras eran asimismo susceptibles de dar respuesta a preguntas que nosotros éramos reticentes a plantear. Aduje que las fotos constituían el único recurso para mostrar al público —que, después de todo, era quien pagaba la factura— lo estimulantes que resultaban las misiones robóticas. Sea como fuere, finalmente no se incluyeron cámaras, y otras misiones subsiguientes justificaron, al menos en parte, la conclusión a que se llegó respecto a este planeta en particular: incluso con la elevada resolución de aproximaciones cercanas, en luz visible es manifiesto que no hay aberturas en la capa de nubes que recubre Venus, al igual que ocurre con el manto nuboso de Titán\*.

Son mundos que se hallan tapados de forma permanente.

En la franja ultravioleta se aprecian detalles, si bien son debidos a parches transitorios en la niebla de gran altura, muy por encima de la capa nubosa principal. Las nubes giran alrededor del planeta con mucha mayor rapidez de lo que lo hace el planeta en sí: algo que se conoce como la superrotación. Así pues, en el ultravioleta tenemos incluso menores posibilidades de captar su superficie.

En cuanto supimos con certeza que la atmósfera de Venus es mucho más densa

---

\* En el caso de Titán, las imágenes revelaron una sucesión de capas separadas sobre la cubierta principal de la aerosfera. Así pues, Venus resulta ser el único mundo del sistema solar en el cual las cámaras que funcionan con luz visible ordinaria *no* han descubierto nada importante. Por fortuna, en la actualidad hemos obtenido imágenes de prácticamente todos los mundos que hemos visitado. (El *International Cometary Explorer* de la NASA, que atravesó la cola del cometa Giacobini-Zimmer en 1985, volaba a ciegas, dedicándose fundamentalmente a partículas cargadas y campos magnéticos.)

que el aire de la Tierra —ahora sabemos que la presión en su superficie es noventa veces mayor que la que soportamos en nuestro planeta—, inmediatamente dedujimos que en luz visible ordinaria no iba a ser posible vislumbrar la superficie, aunque existieran efectivamente interrupciones en la envoltura nubosa. De ser así, la poca luz solar que consiguiera abrirse camino a través, de la tortuosa y densa atmósfera hasta el suelo sería reflejada de vuelta, eso es cierto, pero los fotones estarían tan revueltos a causa de la repetida dispersión de moléculas en las capas bajas de aire que no serían capaces de retener ninguna imagen de las características de la superficie. Algo así como tratar de distinguir un oso polar en medio de una tormenta de nieve. No obstante, este efecto, la intensa dispersión Rayleigh, declina rápidamente a medida que se incrementa la longitud de onda; en el infrarrojo cercano —resultó fácil calcularlo— se podía ver la superficie siempre que hubiera aberturas en la capa de nubes o bien si éstas eran transparentes en esa zona.

Así pues, en 1970, Jim Pollack, Dave Morrison y yo fuimos al Observatorio McDonald de la Universidad de Texas para efectuar un intento de observar Venus en el infrarrojo cercano. «Hipersensibilizamos» nuestras emulsiones; tratamos con amoniaco las placas fotográficas de cristal, el viejo método de siempre,\* y algunas veces las calentábamos o las iluminábamos brevemente antes de colocarlas en el telescopio y exponerlas a la luz de Venus. Durante una temporada, los sótanos del Observatorio McDonald apestaron a amoniaco. Tomamos muchas fotografías, pero ninguna mostraba detalle alguno. Llegamos a la conclusión de que o bien no habíamos penetrado lo suficiente en el infrarrojo o las nubes de Venus eran opacas y continuas en el infrarrojo cercano.

Más de veinte años después, en una aproximación muy cercana a Venus, la nave *Galileo* examinó el planeta con mayor resolución y sensibilidad, y a unas longitudes de onda que penetraban un poco más en el infrarrojo de lo que nosotros podíamos conseguir con nuestras vulgares emulsiones sobre cristal. *Galileo* fotografió grandes cordilleras montañosas. En realidad, ya conocíamos su existencia; una técnica mucho más potente se había empleado ya con anterioridad: el radar. Las ondas de radio traspasan sin esfuerzo las nubes y la densa atmósfera de Venus, rebotan en su superficie y regresan a la Tierra, donde son recogidas y utilizadas para componer una imagen. Los primeros trabajos habían sido realizados principalmente por los radares americanos del JPL ubicados en la Tierra, en la estación de seguimiento Goldstone, en el desierto de Mojave, y del Observatorio Arecibo de Puerto Rico, dirigido por la Universidad de Cornell.

Posteriormente, los *Venera 15* y *16* soviéticos y la misión americana *Magallanes* insertaron telescopios de radar en órbita alrededor de Venus y cartografiaron el planeta de polo a polo. Cada nave transmitía una señal de radar hacia la superficie y luego la recogía al rebotar ésta. Mediante el registro del grado de reflexión cada porción de la superficie y del periodo de tiempo que invertía la señal en regresar (más corto desde las montañas, más largo desde los valles) pudo construirse lenta

---

\* Hoy día, muchas imágenes telescópicas se obtienen mediante dispositivos electrónicos y son procesadas por computadora, tecnologías que los astrónomos no tenían a mano en 1970.

y laboriosamente un mapa de toda la superficie.

El mundo que se puso así de manifiesto resultó hallarse singularmente esculpido por flujos de lava (y, en menor grado, por el viento), tal como se describe en el próximo capítulo. Las nubes y la atmósfera de Venus se han vuelto hoy transparentes para nosotros, y hemos añadido otro mundo a la lista de los ya visitados por los bravos robots exploradores procedentes de la Tierra. Actualmente estamos aplicando a otras misiones la experiencia obtenida gracias a Venus, especialmente a las destinadas a Titán, donde, una vez más, una impenetrable cubierta de nubes mantiene oculta una enigmática superficie, y el radar está empezando a proporcionarnos pistas sobre lo que podría esconder.

Durante largo tiempo, Venus se consideró el planeta hermano de la Tierra. Es el que se encuentra más cerca de nosotros. Y, además, tiene prácticamente la misma masa, tamaño, densidad y atracción gravitatoria que nuestro planeta. Se halla algo más cerca del Sol que la Tierra, pero sus brillantes nubes reflejan mayor cantidad de luz solar de vuelta al espacio que las nuestras. De entrada sería lógico suponer que, bajo esa ininterrumpida capa de nubes, la superficie de Venus debe de parecerse bastante a la de la Tierra. Las primeras especulaciones científicas al respecto imaginaban la existencia de fétidos pantanos rebosantes de monstruosos anfibios, como en la Tierra durante el periodo Carbonífero: un mundo desierto, un mar global de petróleo y un océano de seltz, salpicado aquí y allá por islas incrustadas de piedra caliza. Aunque basados en algunos datos científicos, estos «modelos» de Venus —el primero se remonta a principios de siglo, el segundo a los años treinta y los dos últimos fueron esbozados a mediados de los cincuenta— eran poco más que romances científicos, apenas constreñidos por los escasos datos de que se disponía.

Luego, en 1956, Cornell H. Mayer y sus colegas publicaron un informe en *The Astrophysical Journal*. Habían colocado sobre el tejado del Laboratorio de Investigaciones Navales, en Washington D.C., un radiotelescopio recién montado, construido en parte para investigaciones clasificadas, enfocado hacia Venus, y habían medido el flujo de ondas de radio que llegaban a la Tierra. No se trataba de un radar: no había ondas de radio que rebotaran de la superficie de Venus. Pretendían captar las ondas de radio que Venus emite de por sí al espacio. El planeta resultó ser mucho más brillante que el fondo de las estrellas y galaxias distantes. Aunque ello en sí no era demasiado sorprendente. Cualquier objeto más caliente que el cero absoluto (-273 centígrados) libera radiación por todo el espectro electromagnético, incluyendo la región de radio. Una persona, por ejemplo, emite ondas de radio a una temperatura efectiva o de «brillo» de alrededor de 35 centígrados y, si se encontrara en un entorno más frío que su temperatura corporal, un radiotelescopio sensible podría detectar las débiles ondas de radio que transmite en todas direcciones. Todos somos emisores de ondas estáticas frías.

Lo sorprendente del descubrimiento de Mayer fue que la temperatura de brillo de Venus supera los 300 centígrados, siendo mucho más elevada que la temperatura de la superficie de la Tierra o la registrada en el infrarrojo de las



nubes de Venus. La temperatura de algunos lugares de dicho planeta parecía superar al menos en 200 centígrados el punto normal de ebullición del agua. ¿Qué podía significar?

Pronto surgió un aluvión de explicaciones. Argumenté que la elevada temperatura de brillo en la región de radio constituía una indicación directa de una superficie caliente, y que las altas temperaturas eran debidas a un masivo efecto invernadero por anhídrido carbónico y vapor de agua, en el cual se transmite algo de luz solar a través de las nubes que calienta la superficie, pero ésta tiene una enorme dificultad para radiarla de vuelta al espacio a causa de la elevada opacidad infrarroja de ambos componentes. El anhídrido carbónico absorbe una serie de longitudes de onda del infrarrojo, pero aparentemente existían «ventanas» entre las bandas de absorción del CO<sub>2</sub>, a través de las cuales la superficie podía enfriarse fácilmente al espacio.

Sin embargo, el vapor de agua absorbe las frecuencias del infrarrojo que corresponden, en parte, a las ventanas que presenta la opacidad del anhídrido carbónico. Ambos gases juntos –se me ocurrió– podían muy bien absorber casi la totalidad de la emisión infrarroja, aunque hubiera muy poco vapor de agua, algo así como dos vallas de estacas superpuestas, casualmente colocadas de tal manera que las estacas de una cubren los huecos de la otra.

Se propuso también una explicación de orden muy distinto, según la cual la elevada temperatura de brillo de Venus nada tenía que ver con su superficie. Esta podía ser templada, clemente, asequible. Se sugirió que debía de ser alguna región en la atmósfera de Venus o en la magnetosfera que la rodea la que emitía esas ondas de radio al espacio. También se apuntaron posibles descargas eléctricas entre las gotitas de agua de las nubes del planeta. Y una descarga de luminosidad mediante la cual los iones y los electrones se recombinaban en las capas altas de la atmósfera durante el crepúsculo y el amanecer. Asimismo, hubo quien defendió la posibilidad de una ionosfera muy densa, en la cual la aceleración mutua entre electrones sueltos («emisión libre-libre») liberaba ondas de radio. (Un defensor de esta idea llegó a sugerir que la elevada ionización requerida era debida a un nivel de radiactividad, por término medio, diez mil veces mayor en Venus que en la Tierra, tal vez como consecuencia de una reciente guerra nuclear en ese planeta.) Y, finalmente, a la luz del descubrimiento de la radiación en la magnetosfera de Júpiter, parecía lógico pensar que la emisión de radio pudiera proceder de una inmensa nube de partículas cargadas, cautivas de un hipotético campo magnético venusiano muy intenso.

En una serie de trabajos que publiqué a mediados de la década de los sesenta, muchos de ellos en colaboración con Jim Pollack,\* sometimos a análisis esos

---

\* James B. Pollack efectuó importantes contribuciones en todas las áreas de la ciencia planetaria. Fue el primero de mis alumnos en doctorarse y, desde ese momento, le consideré siempre un colega muy apreciado. Convirtió el Centro de Investigación Ames de la NASA en líder mundial en el ámbito de la investigación planetaria, así como en lugar predilecto para la realización de prácticas posdoctorales para los científicos planetarios. Su bondad era tan extraordinaria como sus habilidades científicas. Murió en 1994, en pleno apogeo de sus facultades.

contradictorios modelos que presentaban una región emisora de elevado calor y una superficie fría.

Para entonces contábamos ya con dos importantes nuevos indicios: el espectro de radio de Venus y las pruebas aportadas por el *Mariner 2* de que la emisión de radio es más intensa en el centro del disco de Venus que hacia los bordes. En 1967 pudimos excluir los modelos alternativos con bastante fiabilidad y concluir que la superficie de Venus, a diferencia de la de la Tierra, se encuentra a unas temperaturas elevadísimas, que superan los 400°C. Pero dicho argumento fue una deducción que supuso muchos pasos intermedios. Deseábamos efectuar una medición más directa.

En octubre de 1967, conmemorando el décimo aniversario del *Sputnik I*, la nave soviética *Venera 4* lanzó un módulo de descenso sobre las nubes de Venus. Éste pudo mandar datos desde las calientes capas inferiores de la atmósfera, pero no sobrevivió a su contacto con la superficie. Un día después, la nave espacial de Estados Unidos *Mariner 5* voló próxima a Venus, y la transmisión de radio que envió a la Tierra desgranaba la atmósfera a profundidades cada vez mayores. El grado de desvanecimiento de la señal proporcionó información acerca de las temperaturas atmosféricas. Si bien parecían existir ciertas discrepancias (posteriormente solucionadas) entre las secuencias de datos de ambas naves, todos ellos indicaban inequívocamente que la superficie de Venus es muy caliente.

Desde entonces, toda una serie de naves soviéticas *Venera* y unas cuantas naves americanas desde la misión *Pioneer 12* han penetrado la atmósfera profunda o tomado tierra sobre la superficie de Venus y han medido directamente —casi siempre sosteniendo un termómetro en el exterior— las temperaturas de la superficie y de las zonas cercanas a la misma. Estas oscilan alrededor de los 470 centígrados, casi 900 Fahrenheit. Si tenemos en cuenta factores tales como los errores de calibración de los radiotelescopios terrestres y la emisividad de la superficie, las primeras radioobservaciones y las posteriores mediciones directas de las naves se corresponden bien.

Los primeros vehículos soviéticos de aterrizaje fueron diseñados para una atmósfera, en cierto modo, semejante a la nuestra. Dichas sondas fueron aplastadas por las altas presiones como una lata entre los dedos de un forzado luchador o como un submarino de la segunda guerra mundial en la fosa de Tonga. Tras dichas experiencias, las sondas soviéticas de descenso a Venus fueron notablemente reforzadas, al igual que los submarinos modernos, y consiguieron aterrizar con éxito sobre la ardiente superficie. Una vez conocida la profundidad de la atmósfera y el espesor de las nubes, los diseñadores soviéticos empezaron a preocuparse por el hecho de que la superficie pudiera ser negra como el carbón. Las naves *Venera 9* y *10* iban equipadas con reflectores. Pero éstos se revelaron innecesarios. Un bajo porcentaje de la luz solar que cae sobre las nubes logra abrirse camino hasta el suelo, y Venus posee más o menos la luz de que disfruta la Tierra en un día encapotado.

La resistencia a imaginar una superficie incandescente para Venus puede

atribuirse, supongo, a nuestra renuencia a abandonar la noción de que el planeta más cercano es compatible con la vida, con la exploración futura y quizá incluso, a más largo plazo, con la posibilidad de establecer en él asentamientos humanos. No obstante, al parecer allí no hay lodazales como los del Carbonífero, ni océanos globales de petróleo ni de seltz. Por el contrario, Venus es un asfixiante infierno en continua ebullición. Hay algunos desiertos, pero es fundamentalmente un planeta de mares de lava solidificada. Nuestras esperanzas se han desvanecido por completo. La llamada de este mundo es hoy mucho más matizada que en las primeras etapas de exploración, cuando casi todo era posible y nuestras nociones más románticas respecto a Venus podían todavía, por lo que sabíamos entonces, hacerse realidad.

Muchas naves espaciales contribuyeron a la comprensión que actualmente tenemos de Venus. Pero la misión pionera fue la del *Mariner 2*. El *Mariner 7* falló durante el lanzamiento y —como se dice cuando un caballo de carreras se rompe una pata— tuvo que ser sacrificado. El *Mariner 2* trabajó a la perfección y proporcionó los primeros datos de radio, que resultaron vitales para determinar el clima del planeta. Realizó observaciones en el infrarrojo de las propiedades de las nubes. En su trayectoria desde la Tierra a Venus descubrió y midió el viento solar, el flujo de partículas cargadas que emana del Sol hacia el exterior, llenando las magnetosferas de todos los planetas que se cruzan en su camino, hinchando las colas de los cometas y estableciendo la distante heliopausa. El *Mariner 2* fue la primera sonda planetaria que conoció el éxito, la nave que inauguró la era de la exploración planetaria.

Todavía se encuentra en órbita alrededor del Sol, acercándose cada pocos cientos de días, más o menos tangencialmente, a la órbita de Venus. No obstante, cada vez que eso ocurre, Venus no está allí. Pero si esperamos lo suficiente, algún día lo estará y el *Mariner 2* será acelerado por la gravedad del planeta hacia otra órbita distinta. Finalmente, al igual que algún que otro corpúsculo celeste de épocas pasadas, el *Mariner 2* será absorbido por otro planeta, engullido por el Sol o bien eyectado fuera del sistema solar.

Hasta entonces, este precursor de la era de exploración planetaria, este minúsculo planeta artificial, continuará orbitando en silencio al Sol. Un poco como si el barco bandera de Colón, la *Santa María*, con una tripulación fantasma, estuviera todavía cubriendo el recorrido a través del Atlántico, desde Cádiz hasta La Española. En medio del vacío del espacio interplanetario, el *Mariner 2* debería conservarse en su condición original durante muchas generaciones.

El deseo que yo le formulo al lucero de la tarde y del alba es el siguiente: que, bien entrado el siglo XXI, una nave grande en tránsito común, mediante ayuda gravitatoria, hacia el exterior del sistema solar intercepte a esta antigua reliquia y la suba a bordo, a fin de que pueda ser expuesta en un museo sobre tecnología espacial primitiva, ya sea en Marte, Europa o Japeto.

# EL SUELO SE FUNDE

A medio camino entre Thira y Therasia brotaron fuegos en el océano que prendieron durante cuatro días, de tal forma que todo el mar hervía y llameaba, y los fuegos formaron una isla que se fue elevando gradualmente, como levantada por palancas... Concluida la erupción, los habitantes de Rhodas, en pleno apogeo de su supremacía marítima, fueron los primeros en llegar a escena y erigir sobre la isla un templo.  
ESTRABÓN, *Geografía* (aprox. 7 a. J.C.)

Por toda la Tierra podemos encontrar un tipo de montaña provista de una sorprendente e inusual característica. Hasta un niño la reconocería: su cima parece cortada, como amputada. Si trepamos hasta la cumbre o la sobrevolamos descubriremos que se halla coronada por un agujero o cráter. Algunas montañas de este tipo tienen cráteres pequeños; en otras son casi tan grandes como la montaña en sí. A veces los cráteres están llenos de agua. En otras ocasiones contienen un líquido extraño: subimos hasta arriba y observamos amplios y brillantes lagos de un líquido entre amarillo y rojo, así como surtidores de fuego. Estos agujeros en la cima de las montañas reciben el nombre de calderas, y las montañas que coronan son, naturalmente, los volcanes, que deben su nombre a Vulcano, el dios del fuego de los romanos. Se han contado en la Tierra alrededor de seiscientos volcanes activos. Y todavía quedan por descubrir algunos bajo las aguas oceánicas.

Una típica montaña volcánica parece del todo inofensiva. La vegetación natural se enfila por sus laderas. Campos en terraza decoran sus flancos. Villorrios y santuarios adornan sus bases. Sin embargo, de pronto y sin previo aviso, después de siglos de lasitud, esa montaña puede explotar. Torrentes de grandes piedras y cenizas salen despedidos hacia el cielo. Ríos de roca fundida se deslizan por sus laderas. Hubo un tiempo en que se pensaba que un volcán activo era un gigante aprisionado o un demonio luchando por salir al exterior.

Las erupciones del monte Santa Helena y del Pinatubo constituyen recordatorios recientes, pero se han dado multitud de ejemplos a lo largo de toda la historia. En 1902, una resplandeciente nube volcánica incandescente bajó reptando por las laderas del monte Pelee y mató a 35 000 personas en la ciudad de St. Pierre, en la isla caribeña de la Martinica. Enormes corrientes de barro

procedentes de la erupción del volcán Nevado del Ruiz acabaron en 1985 con la vida de más de veinticinco mil colombianos. La erupción del monte Vesubio, en el siglo I, enterró bajo la ceniza a los desventurados habitantes de Pompeya y Herculano, y acabó con la vida del intrépido naturalista Plinio el Viejo, cuando éste ascendía hacia la cima en un intento de adquirir una mejor comprensión de su funcionamiento. (Y, ciertamente, Plinio no fue el último: quince vulcanólogos han perdido la vida en diversas erupciones volcánicas entre 1979 y 1993.) La isla mediterránea de Santorini (también llamada Thira) es en realidad la única parte que emerge a la superficie de un volcán hoy inundado por el mar\*.

En opinión de algunos historiadores, la explosión del volcán de Santorini, en 1623 a. J.C., pudo contribuir a la destrucción de la gran civilización minoica en la cercana isla de Creta y provocar un cambio en el equilibrio de poderes de la civilización clásica primitiva. Dicho desastre puede ser también el origen de la leyenda de la Atlántida tal como la refiere Platón, según el cual una civilización entera fue destruida «en un solo día y una sola noche de infortunio». Debió de ser fácil por aquel entonces pensar que algún dios se había enfadado.

Los volcanes han sido contemplados desde siempre con espanto y admiración temerosa. Cuando los cristianos de la Edad Media presenciaron la erupción del monte Hekla en Islandia, y vieron fragmentos incandescentes de lava blanda precipitarse al exterior desde su cúspide, imaginaron que estaban contemplando las almas de los condenados esperando para entrar en el infierno. Dejaron la debida constancia de «los terribles gritos, el llanto y el crujir de dientes», así como de «los aullidos de melancolía y los lamentos» que se escuchaban. Los relucientes lagos rojos y los gases sulfurosos de la caldera del Hekla fueron considerados una panorámica real del temible mundo subterráneo y una confirmación palpable de la creencia popular en el infierno (así como, por simetría, de la existencia de su polo opuesto, el cielo).

Un volcán es, de hecho, una abertura hacia un mundo subterráneo mucho más vasto que la fina capa superficial que habitan los seres humanos, y además mucho más hostil. La lava que escupe un volcán es roca líquida, roca llevada hasta su punto de fusión, generalmente alrededor de los mil grados. La lava emerge de un agujero en la Tierra; cuando se enfría y solidifica, genera y luego va remodelando los flancos de una montaña volcánica.

Las zonas de la Tierra más activas en lo que a volcanes se refiere tienden a estar situadas a lo largo de las dorsales oceánicas en el fondo marino y en los arcos de las islas, donde confluyen dos grandes placas de corteza oceánica, ya sea en proceso de separación una de otra o bien de deslizamiento una bajo la otra. En suelo marino hay largas zonas de erupciones volcánicas —acompañadas de multitud de temblores de tierra y columnas de humo abisal y agua caliente— que estamos únicamente empezando a observar mediante robots y vehículos sumergibles tripulados.

---

\* La erupción de un volcán submarino adyacente y la rápida construcción de una nueva isla en el año 197 a. J.C. son descritas por Estrabón en el epígrafe que abre el presente capítulo.

Las erupciones de lava indican que el interior de la Tierra está extremadamente caliente. De hecho, la evidencia sísmica demuestra que, solamente a unos cientos de kilómetros debajo de su superficie, casi todo el cuerpo de la Tierra se encuentra, al menos ligeramente, fundido. El interior de la Tierra está caliente, en parte porque contiene elementos radiactivos, como el uranio, que liberan calor a medida que se van desintegrando, y en parte porque la Tierra retiene algo del calor original liberado durante su proceso de formación, cuando muchos mundos pequeños, por sus gravedades mutuas, confluyeron para formar la Tierra, y el hierro se aglutinó dando lugar al núcleo de nuestro planeta.

La roca fundida, o magma, asciende a través de fisuras en las rocas sólidas circundantes, más pesadas. Cabe imaginar amplias cavernas subterráneas, inundadas de líquidos rojos resplandecientes, burbujeantes y viscosos, que son disparados hacia la superficie tan pronto como, por casualidad, encuentran un canal apropiado. El magma, denominado lava, una vez se precipita al exterior a través de la caldera, procede efectivamente del mundo subterráneo. Pero hasta ahora no se ha detectado ningún rastro de las almas de los condenados al infierno.

Cuando el volcán ha completado en erupciones sucesivas su proceso de formación y deja de escupir lava por la caldera, se convierte en una montaña como cualquier otra y sufre la lenta erosión que provoca la lluvia o los materiales arrastrados por el viento, así como, eventualmente, el movimiento de las placas tectónicas a lo largo de la superficie terrestre. «¿Cuántos años puede existir una montaña antes de ser arrastrada hacia el mar?», se preguntaba Bob Dylan en la balada *Blowing in the wind*. La respuesta depende del planeta al que nos estemos refiriendo. En el caso de la Tierra, normalmente tarda unos diez millones de años. En consecuencia, las montañas, tanto volcánicas como de otro tipo, deben formarse en el mismo plazo de tiempo, pues de otro modo la Tierra sería toda ella tan lisa como Kansas\*.

Las explosiones volcánicas pueden lanzar grandes cantidades de materia — principalmente finas gotitas de ácido sulfúrico — a la estratosfera. Allí, durante un año o dos, rebotan la luz solar al espacio y enfrían la Tierra. Eso es lo que sucedió recientemente con el volcán filipino Pinatubo, y también, aunque con visos de desastre, en 1815-1816, tras la erupción del volcán indonesio monte Tambora, que provocó «el año sin verano», marcado por la hambruna. Una erupción volcánica en Taupo, Nueva Zelanda, en el año 177, enfrió el clima del Mediterráneo, a medio mundo de distancia, y arrojó finas partículas sobre el casquete polar de Groenlandia. La explosión del monte Mazama, en Oregón (que originó la caldera hoy conocida como cráter Lake), en el año 4803 a. J.C., acarreó consecuencias climáticas en todo el hemisferio norte. Diversos estudios relacionados con los efectos de los volcanes sobre el clima formaban parte de la línea de investigación que condujo finalmente al descubrimiento del invierno nuclear. Dichos estudios

---

\* A pesar de sus montañas y sus fosas submarinas, nuestro planeta es sorprendentemente liso. Si la Tierra tuviera el tamaño de una bola de billar, las protuberancias más grandes tendrían menos de una décima de milímetro, rozando el umbral de ser demasiado pequeñas para poder verlas o tocarlas.

proporcionan importantes pruebas para nuestro empleo de modelos computerizados en la predicción de futuros cambios climáticos. Las partículas volcánicas inyectadas en las capas altas de la atmósfera constituyen, por otra parte, una causa adicional de la reducción de la capa de ozono.

Así pues, una gran explosión volcánica en un oscuro y poco frecuentado lugar del mundo es capaz de alterar el medio ambiente a escala global. Tanto en sus orígenes como en sus efectos, los volcanes nos recuerdan lo vulnerables que somos frente a eructos y estornudos menores del metabolismo interno de la Tierra y lo importante que puede ser para nosotros comprender cómo funciona ese motor calorífico subterráneo.

Se cree que, en los estadios finales de formación de la Tierra –y también de la Luna, Marte y Venus–, los impactos de pequeños mundos generaron océanos globales de magma. La roca fundida inundaba la topografía preexistente. Grandes crecidas de magma líquido rojo e incandescente, acompañadas de olas de kilómetros de altura, surgieron del corazón del planeta, extendiéndose por su superficie y quemándolo todo a su paso: montañas, canales, cráteres y quizá también la última evidencia de tiempos más clementes y mucho más antiguos. El odómetro geológico volvió a colocarse a cero. Todos los registros accesibles de la geología superficial empiezan con la última inundación global de magma. Antes de enfriarse y solidificarse, los océanos de lava pueden tener cientos y aun miles de kilómetros de espesor. En nuestro tiempo, miles de millones de años después, la superficie de un mundo así puede ser tranquila, inactiva, sin mostrar indicio alguno de vulcanismo común. O bien puede conservar, como la Tierra, algunos recordatorios a pequeña escala de una época en que la totalidad de la superficie estaba inundada de roca líquida.

En las primeras etapas de la geología planetaria todos los datos de que disponíamos se limitaban a las observaciones de telescopios basados en la Tierra. Durante medio siglo se mantuvo un ardiente debate acerca de si los cráteres de la Luna eran debidos a impactos o a volcanes. Se detectaron unos pocos montículos bajos coronados por calderas, casi con seguridad volcanes lunares. Pero los cráteres grandes en forma de ensaladera o de cazuela, asentados sobre terreno llano y no en las cumbres de las montañas, eran distintos. Algunos geólogos quisieron ver en ellos similitudes con ciertos volcanes altamente erosionados que hay en la Tierra. Otros discrepaban. El mejor argumento en contra radicaba en reconocer que tenemos la certeza de que existen cometas y asteroides transitando junto a la Luna, y que deben colisionar con ella en alguna ocasión, formando cráteres. A lo largo de la historia de la Luna deben de haber sido excavados de ese modo gran número de ellos. Así pues, si los cráteres que vemos no se deben a impactos, ¿dónde están los cráteres de impacto? Hoy tenemos la certeza, gracias al análisis directo en el laboratorio, de que los cráteres lunares se originaron casi en su totalidad a causa de impactos. Pero cuatro mil millones de años atrás ese pequeño mundo, hoy prácticamente muerto, burbujeaba y ardía a consecuencia del vulcanismo primigenio provocado por fuentes de calor interno que se apagaron

hace mucho tiempo.

En noviembre de 1971, la nave espacial *Mariner 9*, de la NASA, llegó a Marte y encontró el planeta completamente oscurecido por una tormenta global de polvo. Los únicos rasgos visibles eran cuatro lugares con forma circular que emergían de la rojiza lobreguez. Estos lugares presentaban una característica peculiar: sus cimas estaban agujereadas. Cuando se disipó la tormenta pudimos ver claramente que habíamos estado contemplando cuatro enormes montañas volcánicas a través de la nube de polvo, coronadas cada una de ellas por una gran caldera.

Pasada la tormenta se puso de manifiesto la verdadera envergadura de dichos volcanes. El más grande —oportunamente bautizado como Olympus Mons o monte Olimpo, igual que el hogar de los dioses griegos— tiene más de veinticinco kilómetros de altura, y empequeñece no sólo el volcán más grande de la Tierra, sino también la montaña más grande de cualquier tipo, el monte Everest, que se eleva nueve kilómetros por encima de la meseta tibetana. En Marte hay unos veinte volcanes grandes, pero ninguno tan colosal como el Olympus Mons, que tiene un volumen equivalente a cien veces el volcán más grande de la Tierra, el Mauna Loa, de Hawai.

Contando los cráteres de impacto acumulados en los flancos de los volcanes (causados por colisiones de pequeños asteroides y fácilmente distinguibles de las calderas de sus cimas), pueden realizarse estimaciones en relación con su edad. Algunos volcanes marcianos tienen unos pocos miles de millones de años de antigüedad, aunque ninguno se remonta a la época de origen del planeta, que se sitúa alrededor de los 4500 millones de años. Otros, como el monte Olimpo, son comparativamente nuevos, quizá de hace sólo unos pocos cientos de millones de años. Está claro que en la historia primitiva de Marte se produjeron enormes explosiones volcánicas, propiciando tal vez una atmósfera mucho más densa de la que presenta dicho planeta en la actualidad. ¿Qué aspecto habría tenido ese lugar si hubiéramos podido visitarlo entonces?

Algunas ondulaciones volcánicas (por ejemplo, en Cerberus) se formaron en fecha tan reciente como doscientos millones de años atrás. Incluso es posible, supongo, aunque no existe ninguna prueba en un sentido o en otro, que el Olympus Mons, el volcán más grande conocido en el sistema solar, entre de nuevo en actividad. Los vulcanólogos, una especie dotada de enorme paciencia, darían sin duda la bienvenida al acontecimiento.

En 1990-1993 la nave *Magallanes* obtuvo asombrosos datos de radar referentes a las formas del paisaje de Venus\*. Los cartógrafos prepararon mapas de casi todo el planeta, muy detallados al disponer de una resolución de unos cien metros, la distancia que separa ambas líneas de gol en un campo de fútbol. *Magallanes* radió

---

\* La edad de la superficie de Venus, determinada a partir de las imágenes de radar obtenidas por *Magallanes*, socava todavía más las tesis de Immanuel Velikovsky, quien propuso alrededor de 1950, con una sorprendente aclamación por parte de la prensa, que 3 500 años atrás Júpiter escupió un «cometa» gigante que efectuó diversas colisiones rozando la Tierra, desencadenando determinados acontecimientos que aparecen en crónicas de libros antiguos (tales como el cese de la rotación de la Tierra por orden de Josué) y, a continuación, se transformó en el planeta Venus. Todavía hay gente que se toma en serio esta clase de teorías.



más datos a la Tierra que todas las restantes misiones planetarias juntas. Dado que la mayor parte del fondo marino terrestre permanece inexplorado (exceptuando quizá algunos datos todavía clasificados, obtenidos por las fuerzas navales americanas y soviéticas), puede que sepamos más sobre la topografía de la superficie de Venus que de la de cualquier otro planeta, incluida la Tierra. Gran parte de la geología de Venus es distinta de todo lo que se ha visto hasta ahora en la Tierra o más allá. Los geólogos planetarios han puesto nombres a esos accidentes geográficos, aunque eso no significa que comprendamos del todo cómo se han formado.

Al ser la temperatura sobre la superficie de Venus de unos 470 grados centígrados, las rocas venusianas se encuentran mucho más cerca de su punto de fusión que en la superficie de la Tierra. Las rocas comienzan a ablandarse y a fluir a profundidades mucho menores en Venus que en nuestro planeta. Esa es muy probablemente la razón que explica que muchos rasgos geológicos de Venus tengan la apariencia de plástico deformado.

El planeta está cubierto de llanuras volcánicas y altiplanos. Las construcciones geológicas incluyen conos volcánicos, probables escudos volcánicos y calderas. En muchos lugares se aprecia cómo la lava ha cubierto vastas extensiones. Las características de algunas llanuras, que superan los doscientos kilómetros de extensión, han propiciado que se las denomine festivamente «ácaros» y «arácnidos» (vulgarmente, «similares a las arañas»), por ser depresiones circulares rodeadas de anillos concéntricos, de cuyo centro parten radialmente largas grietas superficiales. También se observan ocasionales «tortas abovedadas», un accidente geológico desconocido en la Tierra que es probablemente algún tipo de volcán, formadas por lava espesa y viscosa que fluye lenta y uniformemente en todas direcciones. Hay multitud de ejemplos de flujos de lava más irregulares. Las «coronas», unas curiosas estructuras anulares, aparecen alineadas a lo largo de extensiones de hasta dos mil kilómetros. Los flujos de lava distintivos sobre el ardiente planeta Venus nos brindan un rico menú de misterios geológicos.

Los rasgos más peculiares e inesperados son los sinuosos canales que, con sus meandros y recodos, ofrecen la apariencia de los valles fluviales terrestres. Los más largos lo son más que los de los ríos más importantes de la Tierra. Pero en Venus la temperatura es demasiado elevada como para que pueda haber agua líquida. Y podemos afirmar, debido a la ausencia de cráteres de impacto pequeños, que la atmósfera ha tenido la misma densidad —y ha inducido tan importante efecto invernadero— durante toda la etapa de existencia de la superficie actual. (De haber sido mucho más ligera, los asteroides de tamaño mediano no se habrían desintegrado al penetrar en ella, sino que habrían sobrevivido para excavar cráteres al colisionar con la superficie del planeta.) La lava que fluye ladera abajo forma, efectivamente, canales tortuosos (en ocasiones bajo la tierra, causando el posterior colapso del techo del canal). Pero incluso a temperaturas como la de Venus, la lava irradia calor, se enfría, va ralentizando su avance, cuaja y se detiene. El magma se solidifica. En general, los canales de lava no llegan a alcanzar el diez

por ciento de la longitud de los largos canales de Venus, antes de solidificarse. Algunos geólogos planetarios opinan que en dicho planeta se genera un tipo de lava especialmente ligera, acuosa y poco viscosa. Sin embargo, se trata de una especulación que no se apoya en ningún otro dato y supone una confesión de nuestra ignorancia.

La gruesa atmósfera se mueve lentamente y, al ser tan densa, es muy propensa a levantar y transportar partículas finas. En consecuencia, se observan en Venus rayas creadas por el viento, que emanan principalmente de los cráteres de impacto, donde los habituales vientos del planeta han barrido montones de arena y polvo, originando una especie de veleta climática impresa en la superficie. Aquí y allá nos ha parecido distinguir campos de dunas arenosas y provincias donde la erosión eólica ha esculpido formas volcánicas sobre el terreno. Estos procesos dirigidos por el viento tienen lugar a cámara lenta, como si se tratara del fondo del mar. Los vientos son leves en la superficie de Venus. Una suave ráfaga puede ser suficiente para levantar una nube de finas partículas, aunque en ese infierno incandescente es difícil conseguir una racha de viento.

En Venus hay muchos cráteres de impacto, pero nada comparable con el elevado número de ellos que presentan la Luna o Marte. Singularmente, no existen en ese planeta cráteres inferiores en tamaño a unos cuantos kilómetros de diámetro. El motivo es comprensible: los asteroides y cometas pequeños se desintegran al penetrar en su densa atmósfera y no llegan a impactar en la superficie. La limitación observada en el tamaño de los cráteres se corresponde muy bien con la densidad actual de la atmósfera de Venus. Determinadas manchas irregulares que aparecen en las imágenes tomadas por la nave *Magallanes* se atribuyen a restos de cuerpos de impacto que se fragmentaron a causa del espesor del aire antes de que pudieran llegar a excavar un cráter.

Muchos de los cráteres de impacto son notablemente prístinos y se conservan muy bien; sólo un reducido porcentaje de los mismos ha sido inundado por posteriores corrientes de lava. La superficie de Venus, tal como la ha revelado *Magallanes*, es extremadamente joven. Se observan tan pocos cráteres, que todo lo que sea más antiguo que quinientos millones de años debe de haber sido erradicado, sobre un planeta cuya edad alcanza, casi con seguridad, los 4500 millones de años. Solamente hay un agente erosivo que resulte plausible y adecuado para explicar lo que vemos: el vulcanismo. A lo largo de todo el planeta, cráteres, montañas y otros rasgos geológicos han sido inundados por mares de lava que, en su día, fueron lanzados al exterior desde el interior, fluyendo a sus anchas, y luego se solidificaron.

Tras pasar revista a una superficie tan joven cubierta de magma sólido, nos preguntaremos si queda todavía algún volcán activo. No se ha detectado ninguno de manera inequívoca, pero hay unos cuantos —por ejemplo el que llamamos Maat Mons— que aparecen rodeados de lava fresca y que es posible que estén todavía ardiendo y humeando. Existen algunas evidencias de que la abundancia de compuestos de azufre en las capas altas de la atmósfera varía con el tiempo,

como si los volcanes de la superficie estuvieran inyectando episódicamente en ella dichos materiales. Cuando los volcanes están extinguidos, simplemente no se detectan compuestos de azufre en el aire. También existe alguna evidencia, aunque bastante discutida, de la acción de relámpagos alrededor de las cimas de las montañas de Venus, como ocurre a veces sobre volcanes activos de la Tierra. No obstante, no podemos asegurar que haya vulcanismo activo en Venus. Esa será una cuestión que deberán resolver futuras misiones.

Algunos científicos sostienen que, hasta hace unos quinientos millones de años, la superficie de Venus carecía casi por completo de formas. Corrientes y océanos de roca fundida afluían implacablemente desde su interior, rellenando y sumergiendo cualquier relieve que hubiera podido formarse. Si en ese momento nos hubiésemos dejado caer a través de las nubes, habríamos descubierto una superficie prácticamente uniforme y sin accidentes. De noche, el paisaje habría mostrado un resplandor infernal, debido al rojo calor de la lava fundida. En esta visión, el gran motor calorífico de Venus, que aportó copiosas cantidades de magma a la superficie hasta hace quinientos millones de años, se encuentra parado en la actualidad. El motor calorífico planetario ha dejado al fin de funcionar.

En otro provocativo modelo teórico, éste concebido por el geofísico Donald Turcotte, Venus posee una tectónica de placas como la de la Tierra, pero en este caso se activa y se desactiva. En este momento, propone, la tectónica de placas se halla desactivada; los «continentes» no se mueven a través de la superficie, no chocan unos con otros y no erigen, por tanto, cadenas montañosas, que luego no se precipitan hacia las profundidades del interior. Sin embargo, después de cientos de años de silencio, la tectónica de placas siempre acaba por activarse y las formas superficiales se inundan de lava, son destruidas por la formación de montañas y la subducción, siendo finalmente borradas del mapa. El último proceso activo concluyó hace unos quinientos millones de años, sugiere Turcotte, y desde entonces todo ha permanecido tranquilo. No obstante, la presencia de coronas puede significar —a un plazo que geológicamente se sitúa en un futuro próximo— que nuevamente están a punto de producirse cambios masivos en la superficie de Venus.

Más inesperado incluso que los grandes volcanes marcianos o la superficie inundada de lava que presenta Venus es lo que descubrimos después de que, en marzo de 1979, la nave espacial *Voyager 1* se encontrara con Io, la más interior de las cuatro grandes lunas galileanas de Júpiter. Se abrió ante nuestros ojos un pequeño y extraño mundo multicolor totalmente plagado de volcanes. Contemplándolo asombrados, descubrimos ocho penachos activos que lanzaban al aire gas y partículas finas. El más grande, hoy llamado Pelé —como la diosa hawaiana de los volcanes—, proyectaba una fuente de material a 250 kilómetros de distancia en el espacio, a mayor altitud sobre la superficie alcanzada por algunos astronautas sobre la Tierra. Cuando el *Voyager 2* llegó a Io, Pelé se había apagado, si bien otros seis penachos aún se mantenían activos, se descubrió por lo menos uno nuevo y otra caldera, denominada Surt, había cambiado remarcablemente de

color.

Los colores de Io, aunque exagerados en las imágenes de colores intensificados de la NASA, no tienen parangón en ningún otro lugar del sistema solar. La explicación comúnmente aceptada es que los volcanes de Io no lanzan al aire roca fundida, como los de la Tierra, la Luna, Venus y Marte, sino dióxido de azufre y azufre fundido. La superficie se halla salpicada de montañas volcánicas, calderas volcánicas, fisuras y lagos de azufre fundido. Diversas formas y compuestos de azufre han sido detectados sobre la superficie de Io y en el espacio circundante; los volcanes barren ciertas cantidades del azufre de Io\*.

Estos hallazgos han inducido a pensar en la existencia de un mar subterráneo de azufre líquido que emerge a la superficie por puntos débiles, genera un montículo volcánico poco profundo, se desliza ladera abajo y va solidificándose, quedando su color definitivo determinado por su temperatura en el momento de la erupción.

En la Luna o Marte pueden encontrarse muchos lugares que apenas han cambiado en el transcurso de mil millones de años. En Io, a lo largo de un solo siglo gran parte de la superficie debería inundarse de nuevo, quedando recubierta o borrada a causa de nuevas corrientes de lava volcánica. En ese caso, los mapas de Io pronto serán obsoletos, y la cartografía de ese mundo se convertirá en una industria en constante crecimiento.

Todo esto parece desprenderse de las observaciones efectuadas por el *Voyager*. La medida en que la superficie aparece cubierta por flujos volcánicos comunes implica el advenimiento de cambios masivos en cincuenta o cien años, una predicción que afortunadamente ha podido ser comprobada. Las imágenes de Io tomadas por dicha nave pueden compararse con otras mucho más pobres, obtenidas cincuenta años atrás por telescopios desde la Tierra, y con las del telescopio espacial Hubble, captadas trece años después. La sorprendente conclusión parece indicar que las grandes marcas superficiales de Io apenas han sufrido ningún cambio. Está claro que se nos está escapando algo.

Un volcán encarna en cierto sentido las entrañas de un planeta manando a chorro, hacia el exterior, una herida que finalmente se cura al enfriarse, sólo para ser reemplazada por nuevos estigmas. Mundos distintos poseen entrañas diferentes. El hallazgo de vulcanismo de azufre líquido en Io fue algo así como descubrir, a raíz de un accidente, que de las venas de un amigo brota sangre verde. No teníamos ni idea de que fueran posibles tales diferencias. Parecía tan normal...

Naturalmente, estamos deseosos de encontrar indicios adicionales de vulcanismo en otros mundos. En Europa, el segundo de los satélites galileanos de Júpiter, vecino de Io, no hay montañas volcánicas en absoluto, pero parece que ha brotado a la superficie hielo fundido —agua líquida—, a través de un enorme número de marcas oscuras entrecruzadas, antes de congelarse. Y más hacia el exterior, entre las lunas de Saturno, se observan asimismo indicios de ese mismo

---

\* Los volcanes de Io constituyen, asimismo, la copiosa fuente de átomos cargados eléctricamente, como el oxígeno y el azufre, que componen un fantasmal tubo de materia en forma de rosquilla, rodeando a Júpiter.

fenómeno, que ha borrado los cráteres de impacto. Aun así, nunca hemos visto nada que plausiblemente pudiera ser un volcán de hielo, ni en el sistema de Saturno ni en el de Júpiter. Posiblemente hayamos observado vulcanismo de nitrógeno o metano en Tritón.

Los volcanes de otros mundos nos proporcionan un espectáculo excitante. Incrementan nuestra admiración, nuestro gozo por la belleza y diversidad del cosmos. Pero esos exóticos volcanes rinden además otro servicio: contribuyen a nuestro conocimiento de los volcanes de nuestro propio mundo, y quizá algún día nos enseñarán incluso a predecir sus erupciones. Si no somos capaces de comprender lo que ocurre en otras circunstancias en que los parámetros físicos son distintos, ¿hasta qué punto podremos comprender la circunstancia que nos concierne en mayor medida? Una teoría general sobre el vulcanismo debe abarcar todos los casos. Cuando nos topamos con enormes eminencias volcánicas en un Marte geológicamente tranquilo, cuando descubrimos que la superficie de Venus ha sido renovada tan sólo ayer por inundaciones de magma, cuando encontramos un mundo fundido, no por el calor que desprende la desintegración radiactiva, como en la Tierra, sino por las mareas gravitatorias que ejercen mundos cercanos, cuando observamos vulcanismo de azufre en lugar de ser de silicato, y cuando empezamos a preguntarnos, respecto a las lunas de los planetas exteriores, si estamos contemplando vulcanismo de agua, amoníaco, nitrógeno o metano, estamos aprendiendo qué otras posibilidades existen.

# EL OBSEQUIO DEL APOLO

Las puertas del Cielo están abiertas de par en par; pies para  
qué os quiero...

CHUANG TZU (atribuido a CHU YUAN),  
«Las nueve canciones», canción V,  
«El gran señor de las vidas»  
(China, aprox. Siglo III a. J.C.)

Corre una bochornosa noche del mes de Julio. Nos hemos quedado dormidos en la butaca. De repente, nos despertamos sobresaltados, desorientados. La tele está encendida, pero no hay sonido. Hacemos un esfuerzo por comprender lo que estamos presenciando. Dos fantasmagóricas figuras blancas, vestidas con ampulosos monos y cascos, bailan suavemente bajo un cielo negro como la noche. Van dando pequeños saltos que los impulsan hacia arriba, levantando nubes de polvo apenas perceptibles. Pero hay algo que no cuadra. Tardan demasiado tiempo en bajar. Sobrecargados como van, parecen volar... un poco. Nos frotamos los ojos, pero la onírica escena persiste.

De todos los acontecimientos que rodearon el aterrizaje del *Apolo 11* en la Luna, el 20 de Julio de 1969, el recuerdo más vivido que conservo es la sensación de irrealidad que lo envolvió. Neil Armstrong y Buzz Aldrin avanzando penosamente por la gris y polvorienta superficie lunar, con la Tierra asomando en grande en aquel cielo, mientras Michael Collins, en ese momento luna de la propia Luna, orbitaba sobre ellos en solitaria vigilia. Ciertamente, fue una asombrosa hazaña tecnológica y un triunfo para Estados Unidos. Ciertamente, los astronautas demostraron un coraje realmente admirable.

Y ciertamente también que, como dijo Armstrong al descender de la nave, era un momento histórico para la especie humana. Pero si uno prescindía del volumen de la retransmisión, que reproducía la conversación entre la base de control de la misión y el Mar de la Tranquilidad —con su charla rutinaria y deliberadamente mundana— y se fijaba únicamente en el monitor en blanco y negro, comprendía que nosotros, los humanos, estábamos penetrando en los dominios del mito y la leyenda.

Conocíamos la Luna desde tiempo inmemorial. Allí estaba cuando nuestros

antepasados descendieron de los árboles hacia la sabana, cuando aprendimos a caminar erguidos, cuando fabricamos las primeras herramientas de piedra, cuando domesticamos el fuego, inventamos la agricultura, construimos ciudades y empezamos a dominar la Tierra. El folclore y las canciones populares celebran una misteriosa conexión entre la Luna y el amor. El primer día de la semana, «Lunes», debe su nombre a dicho astro. El hecho de que crezca y mengüe —de menguante a llena a creciente y a nueva— era ampliamente considerado una metáfora celestial de muerte y renacimiento. Se la relacionaba también con el ciclo de ovulación de las mujeres, que presenta casi el mismo periodo, tal como nos recuerda la palabra «menstruación» (del latín *mensis*, de medir). Los que duermen a la luz de la luna se vuelven locos, dicen; la conexión se conserva en el adjetivo «lunático». En la historia de la Persia antigua preguntan a un visir, conocido por su gran sabiduría, qué es más útil, si el Sol o la Luna. «La Luna —responde él— porque el Sol sale de día, cuando hay luz de todos modos.» Especialmente cuando vivíamos al aire libre, la Luna constituía una presencia mayor —aunque singularmente intangible— en nuestras vidas.

La Luna era una metáfora para lo inalcanzable: «Estás pidiendo la luna», solía decirse. Durante la mayor parte de nuestra historia no teníamos la menor idea de lo que podía ser. ¿Un espíritu? ¿Un dios? ¿Un objeto? No parecía algo grande y alejado, sino más bien algo pequeño y cercano, una cosa del tamaño de un plato, colgado en el cielo encima de nuestras cabezas. Los filósofos de la Grecia antigua debatieron la afirmación de que «la Luna es exactamente tan grande como parece» (poniendo de manifiesto una irremediable confusión entre tamaño lineal y angular). *Caminar* sobre la Luna habría parecido una idea estrafalaria en aquel entonces; tenía más sentido imaginarse uno mismo subiendo al cielo por una escalera o sentado a lomos de un pájaro gigante, cogiendo la Luna y bajándola a la Tierra. Jamás nadie pudo conseguirlo, aunque circulaban infinidad de leyendas sobre héroes que lo habían intentado.

Hasta hace pocos siglos no se impuso de forma definitiva la concepción de la Luna como un *lugar* situado a 385000 kilómetros de distancia. Y en ese insignificante parpadeo temporal hemos dado el salto desde nuestros primeros pasos en la comprensión de la naturaleza de la Luna hasta poner pie y transitar a placer por su superficie. Calculamos cómo se mueven los objetos celestes por el espacio, licuamos el oxígeno del aire, inventamos grandes cohetes, telemetría, electrónica digna de confianza, dirección por inercia y muchas cosas más. Luego salimos a surcar el espacio.

Tuve la suerte de estar implicado en el programa Apolo, pero no culpo a las personas que piensan que todo el asunto fue simulado en un estudio de cine de Hollywood. En el Imperio romano tardío, los filósofos paganos habían atacado la doctrina cristiana que postulaba la ascensión al cielo del cuerpo de Cristo y la promesa de la resurrección de los muertos, basándose en que la fuerza de la gravedad atrae hacia la Tierra a todos los «cuerpos terrestres». San Agustín replicó: «Si la inteligencia humana es capaz de fabricar, mediante alguna invención, navíos

que flotan a partir de metales que se hunden... ¿cómo no iba a resultar mucho más creíble que Dios, utilizando alguna operativa oculta, pueda conseguir que esas masas terrestres se emancipen» de las cadenas que las atan a la Tierra? Pero que los *humanos* llegaran a descubrir un día dicha operativa era algo que trascendía la imaginación. Y sin embargo, ciento cincuenta años más tarde, nos emancipamos.

La proeza suscitó una amalgama de admiración temerosa y preocupación. Algunos se acordaron de la historia de la torre de Babel. Otros, entre ellos los musulmanes ortodoxos, consideraban impudente y sacrílego el hecho de poner pie en la Luna. Muchos saludaron el evento como un punto de inflexión en la historia.

La Luna ya no es inalcanzable. Una docena de seres humanos, todos americanos, han efectuado esos singulares movimientos a saltos, a los que se ha dado en llamar «paseo lunar», sobre la crujiente y antigua lava gris, sembrada de cráteres, empezando precisamente ese día de julio de 1969. No obstante, desde 1972 no ha habido persona de ninguna nación que haya vuelto a pisarla. En realidad, nadie ha ido *a ninguna parte* desde los gloriosos días de la misión Apolo, exceptuando, claro está, la órbita terrestre, algo así como un niño que se aventura a dar sus primeros pasos en solitario, pero vuelve de inmediato, casi sin aliento, a la seguridad de las faldas de su madre.

En otro tiempo nos adentramos en el sistema solar. Durante unos pocos años. Luego nos apresuramos a regresar a casa. ¿Por qué? ¿Qué sucedió? ¿Qué persecuía realmente la misión Apolo?

El alcance y la audacia del mensaje que John F. Kennedy pronunció el 25 de mayo de 1961 en una sesión conjunta del Congreso sobre «Necesidades nacionales urgentes» —el discurso que puso en marcha el programa Apolo— me deslumbra. Íbamos a emplear cohetes todavía por diseñar, aleaciones que aún debían ser concebidas, esquemas de navegación y acoplamiento por planificar, todo para enviar hombres a un mundo desconocido, un mundo que nunca había sido explorado, ni siquiera de forma preliminar, ni tan sólo por robots; íbamos a traerles de vuelta a casa sanos y salvos, y lo íbamos a hacer antes de que finalizara la década. Este confiado pronunciamiento fue efectuado antes de que ningún americano hubiera conseguido ni siquiera surcar la órbita terrestre.

En mi recién estrenada condición de doctor en Filosofía, lo primero que pensé fue que todo aquello tenía que ver fundamentalmente con la ciencia. Pero el presidente no hablaba de descubrir el origen de la Luna, ni tampoco de traer muestras para su posterior estudio. Lo único que parecía interesarle era mandar a alguien allí y traerle luego de regreso a casa. Era una especie de *gesto*. El asesor científico de Kennedy, Jerome Wiesner, me explicó después que había hecho un trato con el presidente: si Kennedy no reivindicaba objetivos científicos para la misión Apolo, entonces él, Wiesner, la apoyaría. Pero, si no estaba relacionada con la ciencia, ¿cuáles eran sus objetivos?

«El programa Apolo es en realidad un asunto político», me explicaron otros. Eso ya sonaba más prometedor. Las naciones no alineadas podían sentirse tentadas de girar en la órbita de la Unión Soviética si ésta se adelantaba en la



carrera espacial, si Estados Unidos demostraba un «vigor nacional» insuficiente. No me cabía en la cabeza. Ahí estaba Estados Unidos de América, por delante de la Unión Soviética virtualmente en todas las áreas tecnológicas –líder mundial económico, militar y, en ocasiones, también moral–, y sin embargo ¿Indonesia iba a adoptar el régimen comunista porque Yuri Gagarin había alcanzado antes que John Glenn la órbita terrestre? ¿Qué es lo que hace de la tecnología espacial algo tan especial? De pronto caí en la cuenta.

Poner personas en órbita alrededor de la Tierra o robots a orbitar el Sol requiere cohetes, cohetes grandes, fiables y potentes. Esos mismos cohetes pueden utilizarse en una guerra nuclear. La misma tecnología que transporta un hombre a la Luna puede transportar cabezas nucleares a medio mundo de distancia. La misma tecnología que coloca en la órbita terrestre a un astrónomo y un telescopio puede lanzar al espacio un «puesto de combate» láser. En aquellos tiempos se oían extravagantes conversaciones en los círculos militares de Oriente y Occidente, que hablaban del espacio como de la nueva «base de operaciones» y sostenían que la nación que «controlara» el espacio «controlaría» la Tierra. Naturalmente, los cohetes estratégicos ya estaban siendo probados en la Tierra. No obstante, lanzar un misil balístico con una estúpida ojiva de combate sobre un objetivo seleccionado en mitad del océano Pacífico no acarrea demasiada gloria, en tanto que enviar personas al espacio consigue cautivar la atención e imaginación del mundo.

No se iba a invertir todo ese dinero en mandar astronautas a la Luna solamente por esa razón, pero de todas las formas existentes para demostrar potencia en tecnología espacial, ésta era la que mejor funcionaba. Se trataba, en suma, de un rito de «hombría» nacional; el tamaño de las lanzaderas hacía este punto suficientemente comprensible, sin necesidad de que nadie hubiera de explicarlo. La comunicación parecía transmitirse de mente inconsciente a mente inconsciente, sin que las facultades mentales más elevadas captaran el más leve soplo de lo que estaba ocurriendo.

En la actualidad, mis colegas –que luchan por cada dólar desembolsado para la ciencia espacial– deben de haber olvidado lo fácil que resultaba, en los gloriosos días del Apolo y en el periodo inmediatamente anterior, conseguir dinero para el «espacio». De entre los muchos ejemplos que se podrían citar, consideremos esta conversación ante el Subcomité de Asignaciones para Defensa de la Cámara de Representantes en 1958, unos pocos meses después de la misión *Sputnik 1*. Testifica el secretario de la Asesoría de la Fuerza Aérea Richard E. Horner; su interlocutor es el representante Daniel J. Flood (demócrata de Pennsylvania):

HORNER: ¿Por qué es deseable desde el punto de vista militar tener a un hombre en la Luna? En parte, desde el punto de vista clásico, porque existe. En parte también, porque puede que temamos que la URSS se nos adelante y pueda extraer ventajas asociadas que nosotros no habíamos calculado...

FLOOD: Si les concediéramos todo el dinero que ustedes consideraran necesario,

independientemente de la suma de que se tratase, ¿podría la Fuerza Aérea alcanzar la Luna, digamos, antes de Navidad?

HORNER: Estoy seguro de que podríamos. Este tipo de empresas encierran siempre cierta proporción de riesgo, pero creemos que somos capaces de hacerlo; sí, señor.

FLOOD: ¿Se ha pedido a alguien de la Fuerza Aérea o del Departamento de Defensa que sean otorgados los fondos, el hardware y el personal necesarios para, empezando esta misma medianoche, ir a coger un trozo de esa bola de queso verde para regalárselo a Tío Sam por Navidad? ¿Se ha planteado esa demanda?

HORNER: Hemos sometido un programa de ese tipo a la aprobación de la Oficina del Secretario de Defensa. Actualmente lo están considerando.

FLOOD: Estoy a favor de concedérselo en este mismo minuto, señor presidente, con nuestro beneplácito, sin tener que esperar a que algún pez gordo se decida a pedirlo. Si este hombre habla en serio y sabe lo que está diciendo (que yo creo que lo sabe), entonces este comité no debería esperar ni cinco minutos más. Deberíamos darles todo el dinero, todo el hardware y todo el personal que precisen, sin importar lo que otras personas puedan opinar o querer, y pedirles que se suban a una colina y lo hagan sin contemplaciones.

Cuando el presidente Kennedy formuló el programa Apolo, el Departamento de Defensa tenía en marcha un montón de proyectos relacionados con el espacio, maneras de trasladar personal militar al espacio, formas de transportarlo alrededor de la Tierra y armas robotizadas sobre plataformas orbitales con la finalidad de derribar satélites y misiles balísticos de otras naciones, entre otros. El Apolo suplantó a todos esos programas. Nunca alcanzaron estatus operativo. Podría defenderse el punto de vista de que el Apolo sirvió para otro fin, el de trasladar la carrera espacial entre la URSS y Estados Unidos del ámbito militar al civil. Hay quien opina que Kennedy pensaba en el programa Apolo como sustituto de una carrera armamentística en el espacio. Puede ser.

Para mí, lo más irónico de ese momento de la historia es la placa firmada por el presidente Richard Nixon que se llevó el *Apolo 11* a la Luna. Reza así: «Vinimos en son de paz y en nombre de toda la Humanidad.» Mientras Estados Unidos estaba soltando siete megatones y medio de explosivos convencionales sobre naciones pequeñas del sudeste asiático, nos congratulábamos de nuestra humanidad: no íbamos a hacer daño a nadie sobre esa roca sin vida. La placa sigue todavía allí, fijada a la base del módulo lunar del *Apolo 11*, en medio de la irrespirable desolación del Mar de la Tranquilidad. Si no se interpone nadie, seguirá siendo legible durante un millón de años a partir de ahora.

Seis nuevas misiones siguieron al *Apolo 11* y todas menos una alunizaron con éxito. El *Apolo 17* fue la primera en incluir a un científico en su tripulación. Pero tan pronto como éste llegó a su destino, el programa fue cancelado. El primer científico y el último ser humano que aterrizaron en la Luna eran la misma persona. El programa ya había cumplido con su misión en aquella noche de julio de 1969.

El programa Apolo no versaba principalmente sobre ciencia. Ni siquiera estaba centrado en el espacio. El Apolo trataba sobre confrontación ideológica y guerra nuclear, a menudo descritos con eufemismos tales como «liderazgo» mundial y «prestigio» nacional. Sin embargo, se avanzó de todos modos en la ciencia espacial. Hoy sabemos mucho más acerca de la composición, edad, así como de la historia de la Luna y del origen de las formas de su superficie. Hemos avanzado en la comprensión relacionada con su procedencia. Algunos de nosotros hemos empleado estadísticas sobre los cráteres lunares para entender mejor la Tierra en el momento del origen de la vida. Pero lo más importante de todo es que el Apolo proporcionó un escudo, un paraguas bajo el cual se enviaron naves robotizadas de brillante ingeniería por todo el sistema solar para que efectuaran un reconocimiento preliminar de docenas de mundos. La descendencia del Apolo ha alcanzado hoy las fronteras planetarias. De no haber sido por la misión Apolo –y, en consecuencia, de no haber sido por el propósito político al cual sirvió– tengo mis dudas acerca de si realmente se habrían llevado a cabo las históricas expediciones americanas de exploración y descubrimiento en el sistema solar. Los *Mariner*, *Viking*, *Pioneer*, *Voyager* y *Galilea* se cuentan entre los obsequios que nos ha traído el programa Apolo.

*Magallanes* y *Cassini* quedan ya más distantes en la línea de descendencia. Algo similar puede aplicarse a los pioneros esfuerzos soviéticos en pos de la exploración del sistema solar, incluyendo los primeros aterrizajes blandos de naves robotizadas –*Luna 9*, *Mars 3*, *Venera 8*– en otros mundos.

Apolo transmitió una confianza, energía y amplitud de miras que cautivaron de verdad la imaginación del mundo. Esa constituía de hecho una parte de sus objetivos. Inspiraba optimismo en relación con la tecnología y entusiasmo de cara al futuro. Si podíamos volar a la Luna como tantos exigían, ¿qué más éramos capaces de hacer? Incluso los detractores de las políticas y actuaciones de Estados Unidos –incluso los que pensaban lo peor de nosotros– reconocieron el genio y el heroísmo del programa Apolo. Gracias a él, Estados Unidos rozó la grandeza.

Cuando hacemos las maletas para un viaje largo, nunca sabemos lo que nos espera. Los astronautas del *Apolo* fotografiaron su planeta, la Tierra, en su camino de ida y vuelta a la Luna. Era lógico, pero tuvo consecuencias que muy pocos habían previsto. Por primera vez, los habitantes de la Tierra tenían la oportunidad de ver su mundo desde arriba, la Tierra entera, la Tierra en colores, la Tierra como una hermosa bola giratoria, blanca y azul, colocada contra la amplia oscuridad del espacio. Dichas imágenes contribuyeron a despertar nuestra adormecida conciencia planetaria. Y proporcionan una evidencia incontestable de que todos compartimos el mismo planeta vulnerable. Nos recuerdan lo que es importante y lo que no lo es. Son precursoras del punto azul pálido del *Voyager*.

Puede que hayamos dado con esa perspectiva justo a tiempo, precisamente cuando nuestra tecnología está amenazando la habitabilidad de nuestro planeta. Fuera cual fuera la razón que puso en marcha el programa Apolo y con independencia de lo comprometido que se hallara con el nacionalismo de la guerra

fría y con los instrumentos de la muerte, el ineludible reconocimiento de la unidad y fragilidad de la Tierra constituye su claro y luminoso dividendo, el inesperado regalo final del Apolo. Lo que empezó en mortífera competencia nos ha ayudado a comprender que la cooperación global es una condición esencial para nuestra supervivencia.

Viajar resulta instructivo.

Ha llegado la hora de hacer de nuevo las maletas.

Un punto azul pálido. Una visión del futuro humano en el espacio.

Un ser humano orbitando la Tierra contempla el planeta que constituye su hogar con su «delgado estrato de luz azul marino»: el astronauta Bruce McCandless en su unidad de maniobra tripulada (MMU), en febrero de 1984. Fotografía tomada desde el transbordador espacial *Challenger*, cedida por Johnson Space Center/NASA.

# EXPLORAR OTROS MUNDOS Y PROTEGER EL NUESTRO

Los planetas, en sus distintas fases de desarrollo, se hallan sujetos a las mismas fuerzas formativas que operan en nuestra Tierra y presentan, por ello, la misma formación geológica, y probablemente la misma vida, de nuestro propio pasado y quizá futuro; pero más allá de dichas consideraciones, estas fuerzas están actuando, en algunos casos, bajo condiciones totalmente diferentes de las que imperan en la Tierra y, en consecuencia, deberán evolucionar hacia formas distintas de las conocidas hasta ahora por el hombre. El valor de un material como ése para las ciencias comparativas es demasiado obvio como para requerir discusión alguna.

ROBERT H. GODDARD  
(1907)

Por primera vez en mi vida contemplé el horizonte en forma de línea curva. Este se veía acentuado por una delgada franja de luz azul marino, nuestra atmósfera. Obviamente, no se trataba del océano de aire del que tantas veces había oído hablar en la vida. Me aterrorizó su frágil apariencia.

ULE MERBOLD, astronauta alemán del transbordador espacial  
(1988)

Cuando contemplamos la Tierra desde altitudes orbitales, vemos un mundo frágil y hermoso encastrado en negro vacío. Pero observar una porción de la Tierra a través de la portilla de una nave espacial nada tiene que ver con la sensación de verla entera contra el fondo negro o –mejor aún– avanzando a través de nuestro campo visual, mientras flotamos en el espacio fuera de la nave espacial. El primer ser humano que efectuó dicha experiencia fue Alexei Leonov, quien el 18 de marzo de 1965 salió del *Voskhod 2* a dar un original «paseo» espacial: «Miré hacia abajo, a la Tierra –recuerda– y el primer pensamiento que cruzó por mi mente fue: "Después de todo, el mundo *es* redondo." En una sola ojeada podía ver desde Gibraltar hasta el mar Caspio... Me sentí como un pájaro, provisto de alas, capaz de volar.»

Cuando se contempla la Tierra desde más lejos, como hicieron los astronautas del *Apolo*, su tamaño aparente parece contraerse hasta que no queda nada más que un poco de geografía. Impresiona ver lo silenciosa que es. Ocasionalmente salta un

átomo de hidrógeno; llega un suave golpeteo de polvo cometario. La luz solar generada por el inmenso y silencioso motor de las profundidades del interior solar se derrama en todas direcciones, y la Tierra intercepta bastante cantidad como para asegurarse un poco de iluminación y el calor suficiente para nuestros modestos propósitos. Aparte de eso, ese pequeño mundo se encuentra completamente solo.

Desde la superficie de la Luna se puede ver, quizá en fase creciente, sin poder ni siquiera distinguir sus continentes. Y desde cualquier posición del planeta más exterior es un mero punto de pálida luz.

Desde la órbita terrestre nos sorprende el delicado arco azul del horizonte; es la delgada atmósfera de la Tierra, vista tangencialmente. Así resulta más que comprensible que no exista un problema medioambiental local. Las moléculas son tontas. Los venenos industriales, los gases de invernadero y las sustancias que atacan la capa protectora de ozono, dada su abismal ignorancia, no respetan fronteras. Se olvidan de la noción de la soberanía nacional. Y así, a causa de los casi míticos poderes de nuestra tecnología (y de la prevalencia del pensamiento a corto plazo), estamos empezando —a escala continental y planetaria— a representar un peligro para nosotros mismos. Evidentemente, si se pretende resolver esos problemas, ello requerirá que muchas naciones actúen coordinadas durante muchos años.

Me asombra una vez más la ironía que entraña el hecho de que los vuelos espaciales —concebidos en el caldero de las rivalidades y odios nacionalistas— traigan consigo una sorprendente visión transnacional. Basta con contemplar un ratito la Tierra desde su órbita para que los nacionalismos más fuertemente arraigados comiencen a erosionarse. Parecen ácaros disputándose una migaja.

Si permanecemos anclados en un mundo, quedamos limitados a un único caso; no podemos saber qué otras posibilidades existen. En ese caso —al igual que un amante del arte que sólo conoce las pinturas funerarias de Fayum, un dentista que sólo sabe de molares, un filósofo que sólo ha estudiado el neoplatonismo, un lingüista que sólo habla chino o un físico cuyo conocimiento de la gravedad se restringe a los cuerpos que caen sobre la Tierra—, nuestra perspectiva es reducida, nuestras miras estrechas y nuestra capacidad de predicción totalmente limitada. Por el contrario, cuando exploramos otros mundos, lo que en su momento nos pareció la única forma posible de entender un planeta resulta encontrarse en algún punto intermedio de un amplio espectro de posibilidades. Al examinar esos otros mundos vamos comprendiendo lo que ocurre cuando hay algo en exceso o una cantidad insuficiente de otra cosa. Aprendemos cómo puede estropearse un planeta. La comprensión adquiere una nueva dimensión, prevista ya por el pionero de los vuelos espaciales Robert Goddard, denominada planetología comparativa.

La exploración de otros mundos nos ha abierto los ojos en el estudio de los volcanes, terremotos, así como de la climatología. Algún día puede tener también profundas implicaciones para la biología, porque toda la vida existente sobre la faz de la Tierra está construida según un plan maestro común en el ámbito de la

bioquímica. El hallazgo de un solo organismo extraterrestre –aunque fuera algo tan humilde como una bacteria– revolucionaría nuestra comprensión del mundo de los seres vivos.

Pero la conexión entre la exploración de otros mundos y la protección del nuestro se hace más evidente en el estudio de la climatología de la Tierra y en el brote amenazador para la misma que ha sembrado hoy nuestra tecnología. Otros mundos nos proporcionan informaciones cruciales sobre las estupideces que no debemos cometer en la Tierra.

Recientemente se han descubierto tres potenciales catástrofes ambientales, todas ellas con efectos a escala global: la reducción de la capa de ozono, el calentamiento fruto del efecto invernadero y el invierno nuclear. Y resulta que los tres hallazgos se hallan íntimamente relacionados con la exploración planetaria:

1) Fue inquietante llegar a la conclusión de que un material inerte con todo tipo de aplicaciones prácticas –se utiliza como fluido activo en frigoríficos y aparatos de aire acondicionado, como propelente en aerosoles de desodorantes y otros productos, en los ligeros embalajes de espuma de las comidas rápidas y como agente limpiador en microelectrónica, por nombrar solamente algunos de sus usos– puede poner en peligro la vida en la Tierra. ¿Quién iba a imaginarse una cosa así?

Las moléculas en cuestión se denominan clorofluorocarbonos (CFC). Químicamente son extremadamente inactivas, lo que significa que son del todo invulnerables, hasta que alcanzan la capa de ozono, donde son descompuestas por la luz ultravioleta del Sol. Los átomos de clorina así liberados atacan y destruyen el ozono protector, facilitando la penetración hasta el suelo de dicha luz. El incremento de la intensidad ultravioleta propicia una terrible procesión de potenciales consecuencias nocivas que no solamente se manifiestan en enfermedades como los cánceres de piel y las cataratas, sino también en el debilitamiento del sistema inmunitario humano y, la más peligrosa de todas, en el perjuicio a la agricultura y a los organismos fotosintéticos, que constituyen la base de la cadena alimentaria de la cual depende, en gran medida, la vida en la Tierra.

¿Quién descubrió que los CFC suponían una amenaza para la capa de ozono? ¿Acaso fue su principal productor, la DuPont Corporation, ejerciendo responsabilidades corporativas? ¿Fue la Agencia de Protección del Medio Ambiente en un afán de salvaguardarnos? No, fueron dos científicos universitarios de bata blanca, enclaustrados en sus torres de marfil, que estaban trabajando en otra cosa: Sherwood Rowland y Mario Molina, de la Universidad de California, Irvine. Ni siquiera se trataba de una universidad de la Ivy League\*.

Nadie les dio instrucciones para que investigaran acerca de los peligros para el medio ambiente. Estaban enfrascados en investigaciones de base. Eran científicos dedicados a sus intereses particulares. Sus nombres deberían aprenderse en las escuelas.

---

\* Grupo de universidades en el noroeste de Estados Unidos, famosas por su prestigio académico y social. (Nota de la traductora.)



En sus cálculos originales, Rowland y Molina emplearon constantes tipos de las reacciones químicas en las que participa la clorina y otros halógenos, que habían sido medidas en parte con apoyo de la NASA. ¿Por qué de la NASA? Porque la atmósfera de Venus contiene moléculas de clorina y fluorina, y los aerónomos planetarios se proponían investigar lo que está sucediendo allí.

La confirmación del trabajo teórico sobre la responsabilidad de los CFC en la reducción de la capa de ozono no tardó en producirse, de la mano de un grupo de investigación de Harvard capitaneado por Michael McElroy. ¿Y cómo se explica que tuvieran todas esas redes ramificadas de dinámicas químicas de los halógenos preparadas en sus ordenadores? Porque estaban trabajando en los procesos químicos de la clorina y la fluorina en la atmósfera de Venus. Venus contribuyó a efectuar y confirmar el descubrimiento de que la capa de ozono que protege a la Tierra se encuentra en peligro. Se detectó una conexión completamente inesperada entre los procesos fotoquímicos de ambos planetas. Un resultado de tan crucial importancia para todos los habitantes de la Tierra se derivó de lo que podía parecer el más abstracto y poco práctico de los trabajos, la comprensión de la química de constituyentes menores en la atmósfera superior de otro mundo.

También existe una conexión con Marte. A través del *Viking* descubrimos que la superficie de Marte carecía aparentemente de vida y presentaba una notable deficiencia incluso en moléculas orgánicas simples. Pero *tenía* que haber moléculas orgánicas simples, a raíz de los impactos de meteoritos orgánicamente ricos procedentes del cercano cinturón de asteroides. Esta carencia se atribuye unánimemente a la ausencia de ozono en Marte. Los experimentos microbiológicos del *Viking* determinaron que la materia orgánica transportada a Marte desde la Tierra y diseminada sobre el polvo de la superficie marciana se oxida y destruye rápidamente. Los materiales en el polvo que desencadenan esa destrucción son moléculas parecidas al peróxido de hidrógeno, que nosotros empleamos como antiséptico porque mata a los microbios a base de oxidarlos. La luz ultravioleta del Sol alcanza la superficie de Marte sin topar con el obstáculo de una capa de ozono; si hubiera algo de materia orgánica, sería rápidamente aniquilada por la luz ultravioleta en sí y por sus productos de oxidación. Por tanto, parte de los motivos de que las capas superiores del suelo marciano sean antisépticas reside en que Marte posee un agujero, en lo que al ozono se refiere, de dimensiones planetarias, un dato altamente útil y amonestador para nosotros, que trabajosamente estamos reduciendo y perforando *nuestra* capa de ozono.

2) Se ha vaticinado que un calentamiento global del planeta se derivaría del creciente efecto invernadero, causado en gran medida por el anhídrido carbónico generado a raíz de la quema de combustibles fósiles, pero también por la acumulación progresiva de otros gases absorbentes del infrarrojo (óxidos de nitrógeno, metano, los mismos CFC y otras moléculas).

Supongamos que disponemos de un modelo computerizado de circulación general tridimensional sobre el clima de la Tierra. Los programadores sostienen que es capaz de predecir cómo será la Tierra si aumenta la cantidad de uno de los

componentes atmosféricos o si disminuye la de otro. El modelo funciona muy bien en la «predicción» del clima actual. Pero existe una preocupación latente: este modelo ha sido «afinado» para que salga bien, esto es, determinados parámetros ajustables son elegidos no a partir de principios primarios de la física, sino con el objetivo de obtener la respuesta correcta. No significa eso que hagamos trampa, pero si aplicamos el mismo modelo a regímenes climáticos bastante distintos –el del profundo calentamiento global, por ejemplo– el afinamiento podría resultar entonces inapropiado. El modelo podría ser adecuado para el clima de hoy, pero no extrapolable a otros.

Una forma de probar este programa consiste en aplicarlo a los climas tan diferentes de otros planetas. ¿Es capaz de predecir la estructura de la atmósfera en Marte y el clima de dicho planeta? ¿El tiempo que hace allí? ¿Y el de Venus? Si fallara en esos casos tendríamos razones para desconfiar de él cuando efectúa predicciones para nuestro propio planeta. De hecho, los modelos climáticos que se emplean en la actualidad son muy fiables en sus predicciones de los climas de Venus y Marte, basadas en principios primarios de la física.

En la Tierra se conocen enormes emanaciones de lava fundida que son atribuidas a gigantescos volcanes que ascienden desde las profundidades del manto y generan amplias placas de basalto petrificado. Un ejemplo espectacular tuvo lugar alrededor de cien millones de años atrás y virtió a la atmósfera unas diez veces su contenido actual de anhídrido carbónico, induciendo un sustancial calentamiento global. Se cree que estas emanaciones se han venido produciendo de forma episódica a lo largo de la historia de la Tierra. Ascensiones similares del manto parecen haberse dado en Marte y en Venus. Tenemos pues sólidas razones prácticas para estar interesados en comprender cómo podría llegarnos, repentinamente y sin aviso, procedente de cientos de kilómetros bajo nuestros pies, un importantísimo cambio para la superficie y el clima de la Tierra.

Una parte del trabajo más significativo efectuado recientemente en relación con el calentamiento global del planeta ha sido llevado a cabo por James Hansen y sus colegas del Instituto Goddard de Ciencias Espaciales, una instalación de la NASA en la ciudad de Nueva York. Hansen desarrolló uno de los principales modelos climáticos computerizados y lo empleó para predecir lo que podría sucederle a nuestro clima si prosigue la acumulación de gases de invernadero. Este científico es pionero en probar estos modelos con climas de la Tierra en tiempos pasados. (Es interesante constatar que, durante los últimos periodos glaciales, una mayor cantidad de anhídrido carbónico y metano aparecen sorprendentemente relacionados con temperaturas más elevadas.) Hansen recogió una amplia gama de datos climáticos del presente siglo y del pasado, a fin de comprobar lo que ha ocurrido realmente con la temperatura global, y luego los comparó con las predicciones del modelo computerizado acerca de lo que *debía* haber sucedido. Ambas series coinciden dentro del margen de error de medida y cálculo, respectivamente. Valerosamente, Hansen testificó ante el Congreso, haciendo frente a una orden política procedente de la Oficina de Dirección y Presupuestos

de la Casa Blanca (eso fue en los años de Reagan) en el sentido de exagerar las incertidumbres y minimizar los peligros. Sus cálculos sobre la explosión del volcán filipino Pinatubo y su predicción del consiguiente descenso transitorio de la temperatura terrestre (alrededor de medio grado) dieron en el clavo. El ha sido un peso pesado a la hora de convencer a los gobiernos mundiales del hecho de que el calentamiento global es algo digno de ser tomado muy en serio.

Pero ¿cómo fue que Hansen se interesara prioritariamente por el efecto invernadero? Su tesis doctoral (que leyó en la Universidad de Iowa en 1967) versaba sobre Venus. Se mostró de acuerdo en que la elevada temperatura de brillo de Venus es debida a la presencia de una superficie muy caliente, pero sugirió que la principal fuente de energía era el calor interior del planeta, más que la luz solar. La misión del *Pioneer 12* con destino a Venus lanzó sondas de descenso a la atmósfera y éstas demostraron de forma directa que el efecto invernadero ordinario —la superficie calentada por el Sol y el calor retenido por la manta de aire— constituía la causa operativa. Pero fue Venus lo que impulsó a Hansen a pensar en el efecto invernadero.

Hay que mencionar que los radioastrónomos consideran a Venus una prolífica fuente de ondas de radio. No obstante, otras explicaciones para las emisiones de radio fallan. Ello induce a concluir que la superficie de Venus debe de estar grotescamente caliente. Intentamos comprender de dónde proceden tan elevadas temperaturas y ello nos conduce inexorablemente a uno u otro tipo de efecto invernadero. Décadas más tarde nos damos cuenta de que ese entrenamiento nos ha preparado para comprender y ha contribuido a predecir una inesperada amenaza para nuestra civilización global. Conozco muchas otras instancias en que científicos que investigaban las atmósferas de otros mundos están realizando importantes y muy prácticos descubrimientos en relación con el nuestro. Los demás planetas proporcionan un soberbio campo de ensayo para los estudiosos de la Tierra, puesto que requieren una notable amplitud y riqueza de conocimientos, y ponen a prueba la imaginación.

Aquellos que se muestran escépticos acerca del calentamiento derivado del efecto invernadero por anhídrido carbónico harían bien en fijarse en el masivo efecto invernadero observable sobre el planeta Venus. Nadie ha sugerido que dicho efecto se derive de la imprudencia de los venusianos al quemar demasiado carbón, conducir coches alimentados por combustibles ineficaces o dedicarse a deforestar sus bosques. Mi punto de vista es distinto. La historia climatológica de nuestro vecino planetario, un planeta por lo demás similar a la Tierra cuya superficie se volvió lo suficientemente caliente como para fundir estaño o plomo, vale la pena ser tenida en cuenta, especialmente por los que afirman que el creciente efecto invernadero que afecta a la Tierra se irá corrigiendo por sí solo, que no es necesario que nos preocupemos por ello, o (y eso podemos leerlo en las publicaciones de algunos grupos que se autodenominan conservadores) que el efecto invernadero en sí no es más que una «patraña».

3) El invierno nuclear es el oscurecimiento y enfriamiento de la Tierra —

principalmente a causa de la inyección en la atmósfera de finas partículas de humo como consecuencia de la quema de ciudades y de instalaciones petrolíferas — que, según las predicciones, se derivaría de una confrontación termonuclear global. La cuestión suscitó un acalorado debate científico, centrado en la gravedad que podía llegar a revestir el invierno nuclear. Aquí es total la convergencia de opiniones. Todos los modelos computerizados de circulación general tridimensional predicen que las temperaturas globales resultantes de una guerra termonuclear a escala mundial serían más frías que las de los tiempos glaciales del pleistoceno. Las implicaciones para nuestra civilización planetaria —en especial a causa del colapso de la agricultura— serían espantosas. Se trata de una consecuencia de la confrontación nuclear que, de algún modo, fue pasada por alto por las autoridades civiles y militares de Estados Unidos, la Unión Soviética, Gran Bretaña, Francia y China cuando decidieron acumular una cantidad sensiblemente superior a las sesenta mil armas nucleares. Si bien es difícil estar seguros de cosas de este estilo, podría afirmarse que el invierno nuclear jugó un papel constructivo (aunque, naturalmente, hubo otras causas) a la hora de convencer a las naciones que poseen armamento nuclear, especialmente a la Unión Soviética, de la inutilidad de una guerra nuclear.

El invierno nuclear fue calculado y nombrado en 1982-1983 por un grupo de cinco científicos, al cual tengo el orgullo de pertenecer. Se dio a dicho equipo el acrónimo de TTAPS (por Richard P. Turco, Owen B. Toon, Thomas Ackerman, James Pollack y yo mismo). De los cinco científicos miembros de TTAPS, dos eran científicos planetarios, y los otros tres habían publicado numerosos informes sobre ciencia planetaria. El primer indicio relacionado con el invierno nuclear surgió durante esa misma misión a Marte del *Mariner 9*, cuando hubo una tormenta global de polvo que nos impidió ver la superficie del planeta; el espectrómetro infrarrojo de la nave determinó que la temperatura en las capas altas de la atmósfera era más elevada y la de la superficie más baja de lo que deberían. Jim Pollack y yo nos sentamos para tratar de calcular cómo era eso posible. En el transcurso de los doce años siguientes, esta línea de investigación condujo desde las tormentas de polvo en Marte hasta los aerosoles volcánicos en la Tierra, pasando por la posible extinción de los dinosaurios por polvo de impacto y el invierno nuclear. Nunca se sabe adonde va a llevarnos la ciencia.

La ciencia planetaria fomenta un amplio punto de vista interdisciplinario que se revela enormemente útil para descubrir y tratar de atenuar las catástrofes naturales que van surgiendo. Cuando uno «hinca el diente» a otros planetas gana perspectiva acerca de la fragilidad sus entornos medioambientales, así como sobre qué otros entornos, muy diferentes, son posibles. Es probable que todavía nos queden potenciales catástrofes globales por descubrir. Si las hay, apuesto cualquier cosa a que los científicos planetarios desempeñarán un papel fundamental en lo que se refiere a su comprensión.

De todos los campos de la matemática, la tecnología y la ciencia, el ámbito que implica una mayor cooperación internacional (como prueba la frecuencia con que

los coautores de trabajos de investigación proceden de dos o más países distintos) es el denominado «la Tierra y las ciencias del espacio». Por su misma naturaleza, el estudio de este mundo y otros tiende a no ser localista, ni nacionalista, ni chauvinista. Es raro, no obstante, que la gente se dedique a este campo por ser internacionalista. Casi siempre se penetra en él por otras razones y, posteriormente, se cae en la cuenta de que científicos de otras naciones están desarrollando un trabajo espléndido, trabajo que, además, se complementa con el nuestro; o bien se da el caso de que tenemos que solucionar algún problema, necesitamos datos o quizá una perspectiva (acceso a la porción sur del cielo, por ejemplo) que no se halla disponible en nuestro país. Una vez experimentado ese grado de cooperación —personas de diferentes partes del planeta, trabajando temas de interés común en estrecha colaboración, empleando un lenguaje científico inteligible para todos— se hace difícil no imaginar su aplicación a otros problemas ajenos al ámbito científico. Personalmente considero que este aspecto del estudio de las ciencias del espacio y de la Tierra nos brinda una fuerza saludable y unificadora para la política mundial. Beneficioso o no, resulta de todo punto ineludible.

Cuando contemplo esa evidencia, me da la sensación de que la exploración planetaria se halla entre las utilidades más prácticas y urgentes para nosotros aquí en la Tierra. Aunque no nos estimulara la perspectiva de explorar otros mundos, aunque no tuviéramos ni un nanogramo de espíritu aventurero, incluso si sólo nos preocupáramos de nosotros mismos en el sentido más estricto, la exploración planetaria seguiría siendo una soberbia inversión.

La región de Oxia Palus en Marte, entre el ecuador y la latitud 25° al norte. El lugar de aterrizaje del *Viking 1*, en Crise Planitia, aparece arriba a la izquierda. Grandes inundaciones dividieron este terreno miles de millones de años atrás. Pero la escasez de ríos tributarios en los valles fluviales apunta a que el agua emergió del subsuelo, en lugar de caer de los cielos en forma de lluvia. Se había previsto inicialmente que el *Viking 1* aterrizara en la confluencia de dichos canales fluviales, pero intervinieron razones de seguridad. Se desconoce la razón por la cual el clima de Marte se halla hoy tan lejos del ambiente más cálido y húmedo que, según las deducciones, reinó en el planeta hace cuatro mil millones de años. Abajo, a la derecha, se ve un cráter que ha tomado su nombre del astrónomo Galileo. Mapa en relieve sombreado de USGS.

# EL MUNDO DE LAS MARAVILLAS ABRE SUS PUERTAS

Se abrieron de par en par las grandes compuertas del mundo de las maravillas.  
HERMAN MELVILLE, *Moby Dick*, cap. 1  
(1851)

Algún día, quizá justo a la vuelta de la esquina, habrá una nación —o, más probablemente, un consorcio de naciones— que dará el próximo paso importante en la aventura humana del espacio. Tal vez se consiga rodeando burocracias y llevando a cabo un uso eficaz de las actuales tecnologías. Tal vez sean necesarias tecnologías nuevas, que trasciendan el gran trabucazo de los cohetes químicos. Las tripulaciones de dichas naves pisarán nuevos mundos. El primer bebé nacerá en algún lugar ahí arriba. Se efectuarán los primeros pasos para vivir fuera de tierra firme. Estaremos en camino. Y el futuro lo recordará.

Majestuoso y provocador, Marte es nuestro vecino, el planeta más cercano sobre el cual puede aterrizar de forma segura un astronauta o cosmonauta. Aunque a veces hace tanto calor como en octubre en Nueva Inglaterra, Marte es un lugar frío, tan frío que una parte de su delgada atmósfera de anhídrido carbónico se congela como hielo seco en el polo invernal.

Se trata del planeta más cercano cuya superficie podemos observar con un telescopio pequeño. Es el planeta más parecido a la Tierra de todo el sistema solar. Dejando aparte los encuentros exteriores, solamente ha habido dos misiones a Marte coronadas por el éxito: la del *Mariner 9* en 1971 y los *Vikings 7* y *2* en 1976. Estas revelaron la existencia de un profundo valle que cubriría la distancia entre Nueva York y San Francisco; inmensas montañas volcánicas, la mayor de las cuales se eleva 24 000 metros por encima de la altitud media de la superficie de Marte, casi tres veces la altura del Everest; una intrincada estructura de capas en los hielos polares, que parece una pila de fichas de póquer desechadas y que constituye, probablemente, un registro de pasados cambios climáticos; rayas brillantes y oscuras, pintadas sobre la superficie por el polvo arrastrado por el viento, que proporcionan mapas de los vientos de gran velocidad sobre Marte durante las décadas y siglos pasados; tormentas de polvo que abrazan todo el planeta y enigmáticos rasgos superficiales.

Cientos de tortuosos canales y valles, con una antigüedad de varios miles de

millones de años, se extienden por la superficie de Marte, principalmente en las mesetas salpicadas de cráteres del sur. Estos nos inducen a pensar en una época anterior, de condiciones más benignas y parecidas a las de la Tierra, muy distinta de la que se constata bajo la enrarecida y frígida atmósfera actual. Algunos antiguos canales parecen excavados por la lluvia, otros por el derrumbamiento y colapso subterráneos, y otros por grandes corrientes que emergieron del suelo. Caudalosos ríos inundaban grandes cuencas de impacto de miles de kilómetros de diámetro, que hoy aparecen tan secas como el polvo. El agua caía en cascadas, que dejarían pequeño el salto de agua más importante de la Tierra, sobre los lagos del antiguo Marte. Vastos océanos de cientos de metros o incluso de un kilómetro de profundidad pueden haber bañado unas orillas hoy apenas discernibles. Ése sí habría sido un mundo para explorar. Hemos llegado cuatro mil millones de años tarde.

En la Tierra, entretanto, en ese mismo periodo, estaban surgiendo y evolucionando los primeros microorganismos. La vida en la Tierra se halla íntimamente conectada, por las más básicas razones químicas, con el agua líquida. Nosotros los seres humanos, sin ir más lejos, estamos *hechos* de tres cuartas partes de agua. El mismo tipo de moléculas orgánicas que cayeron del cielo y fueron generadas en el aire y los mares de la Tierra primitiva deberían haberse acumulado también sobre el Marte primitivo. ¿Resulta plausible pensar que la vida surgiera con rapidez en las aguas de la Tierra primigenia, pero quedara de algún modo restringida e inhibida en las aguas del Marte primitivo? ¿O bien es posible que los mares marcianos estuvieran rebosantes de vida, flotando, desarrollándose abundantemente y evolucionando? ¿Qué extrañas bestias nadaron en esas aguas en un pasado remoto?

Sucediera lo que sucediera en esos lejanos días, lo cierto es que todo empezó a torcerse alrededor de 3 800 millones de años atrás. Se ha comprobado que la erosión de los antiguos cráteres disminuyó drásticamente a partir de ese momento. Cuando la atmósfera empezó a aligerarse, los ríos dejaron de fluir, los océanos se fueron secando y las temperaturas cayeron, la vida hubo de retirarse a los pocos hábitats compatibles que le quedaban, amontonándose quizá en el fondo de los lagos cubiertos de hielo hasta que también éstos se solidificaron y los restos de cadáveres y fósiles de exóticos organismos —construidos tal vez mediante principios muy diferentes de los que rigen la vida en la Tierra— se congelaron, aguardando a los exploradores que, en un futuro distante, podrían llegar a Marte.

Los meteoritos son fragmentos de otros mundos que han sido recuperados en la Tierra. Muchos se originan en colisiones entre los numerosos asteroides que orbitan al Sol, entre las órbitas de Marte y Júpiter. No obstante, algunos pocos son generados cuando un gran meteorito sufre un impacto con un planeta o asteroide a gran velocidad, excava un cráter e impulsa el material excavado hacia el espacio. Millones de años después, puede que una fracción muy pequeña de las rocas eyectadas intercepte otro mundo.



En los páramos de la Antártida, el hielo aparece de vez en cuando salpicado de meteoritos, preservados por las bajas temperaturas y, hasta hace poco tiempo, ni siquiera descubiertos por los humanos. Unos pocos de entre los mismos, denominados meteoritos SNC\* (pronunciado «snick»), presentan una característica que en un principio parecía increíble: en el interior de sus estructuras minerales y cristalinas, a resguardo de la contaminante influencia de la atmósfera de la Tierra, aparece atrapada una pequeña cantidad de gas.

Al analizar ese gas se descubre que éste presenta exactamente la misma composición química y proporciones isotópicas que el aire en Marte. Poseemos datos del aire marciano no solamente a partir de la inferencia espectroscópica, sino también a través de mediciones directas realizadas desde la superficie de Marte por los vehículos de aterrizaje del *Viking*. Para sorpresa de casi todo el mundo, los meteoritos SNC proceden de Marte.

Originalmente, eran rocas que se habían fundido y resolidificado. El fechado radiactivo de todos los meteoritos SNC demuestra que las rocas a partir de las cuales se formaron eran condensaciones de lava de entre 180 millones y 1300 millones de años de antigüedad. Posteriormente fueron expulsados del planeta por colisiones procedentes del espacio. A partir del tiempo que estuvieron expuestos a los rayos cósmicos, en sus viajes interplanetarios entre Marte y la Tierra, podemos deducir su edad y cuánto tiempo hace que fueron eyectados de Marte. En este sentido, su edad se sitúa entre los diez millones y los setecientos mil años. Ofrecen, pues, una muestra de un 0,1 % de la historia reciente de dicho planeta.

Algunos de los minerales que contienen esos meteoritos demuestran claramente que alguna vez estuvieron sumergidos en agua, en agua líquida caliente. Estos minerales hidrotermales revelan que, de alguna manera, hubo recientemente agua líquida, probablemente por todo el planeta. Puede que se originara al fundirse hielos subterráneos a causa del calor interior. Fuera cual fuera la causa de su existencia, es lógico preguntarse si cabe la posibilidad de que la vida sobre Marte todavía no se haya extinguido del todo, si de algún modo ha conseguido conservarse hasta nuestros días en lagos subterráneos pasajeros o, incluso, en delgadas películas de agua que pudieran humedecer ciertas franjas subterráneas.

Los geoquímicos Everett Gibson y Hal Karlsson, del Johnson Space Flight Center de la NASA, han extraído una única gota de agua de uno de los meteoritos SNC. Las proporciones isotópicas de los átomos de oxígeno e hidrógeno que contiene no son en modo alguno terrestres. Contemplo este agua de otro mundo como un estímulo para futuros exploradores y colonizadores.

Imaginemos lo que podríamos encontrar si trajéramos a la Tierra gran número de muestras, incluyendo suelo jamás fundido y rocas tomadas en localidades marcianas especialmente seleccionadas por su interés científico. Nos encontramos muy cerca de poder llevarlo a cabo, empleando pequeños vehículos robotizados.

El transporte de material subterráneo de un mundo a otro plantea una cuestión interesante: cuatro mil millones de años atrás había dos planetas vecinos, ambos

---

\* Abreviación para Shergotty-Nakhla-Chassigny. Parece obvio por qué se utiliza el acrónimo.

cálidos y húmedos. En las últimas fases de la acreción de dichos planetas, los impactos del espacio se producían a un ritmo mucho mayor que en la actualidad. Muestras de cada uno de esos mundos eran lanzadas al espacio. Estamos seguros de que, en ese periodo, había vida al menos en uno de ellos. Sabemos que una porción de los escombros eyectados no se calienta durante los procesos de impacto, eyección y recepción por parte de otro mundo. Así pues, ¿pudieron algunos de los organismos terrestres ser trasplantados a Marte por ese procedimiento cuatro mil millones de años atrás, iniciando la vida en dicho planeta? O, especulando más todavía, ¿es posible que la vida en la Tierra surgiera a partir de una transferencia de este tipo procedente de Marte? ¿Cabe la posibilidad de que ambos planetas intercambiaran regularmente formas de vida durante cientos de millones de años? Son tesis que podrían ser comprobadas. Si descubriéramos vida en Marte y ésta se revelara muy parecida a la vida en la Tierra —y si, además, estuviéramos seguros de que no se trata de una contaminación microbiana que nosotros mismos hubiéramos introducido en el curso de nuestras exploraciones—, la hipótesis de que la vida fue transferida, en un pasado remoto, a través del espacio interplanetario debería ser tomada en serio.

Hubo una época en que se pensaba que el Marte contemporáneo rebosaba vida. Incluso el severo y escéptico astrónomo Simón Newcomb (en su *Astronomy for everybody* —«Astronomía para todos»—, del que se efectuaron numerosas ediciones en las primeras décadas del presente siglo, y constituyó el libro de astronomía de mi infancia) concluía: «Parece que hay vida sobre el planeta Marte. Hace algunos años esta afirmación era unánimemente considerada un mero producto de la fantasía. Hoy es ampliamente aceptada.» No «vida humana inteligente», se apresuraba a añadir, sino plantas verdes. Sin embargo, hoy hemos visitado Marte y hemos buscado plantas, al igual que animales, microbios y seres inteligentes. Aunque las formas restantes no se encontraran, sería lógico imaginar que, tal como sucede hoy en los desiertos terrestres, y como ha ocurrido en la Tierra prácticamente durante toda su historia, íbamos a detectar abundante vida microbiana.

Los experimentos de «detección de vida» del *Viking* fueron diseñados para registrar únicamente unos determinados subconjuntos de biología concebibles; fueron predispuestos para hallar el tipo de vida de la cual tenemos noticia. Habría sido una locura mandar instrumentos que no fueran capaces ni siquiera de detectar vida en la Tierra. Eran aparatos exquisitamente sensibles, capaces de encontrar microbios en los desiertos y páramos más áridos y poco prometedores de la Tierra.

Uno de ellos medía los gases intercambiados entre el suelo y la atmósfera marcianos en presencia de materia orgánica de la Tierra. Un segundo ensayo diseminaba una gran variedad de alimentos orgánicos, marcados mediante un indicador radiactivo, para observar si había bichos en el suelo de Marte que los consumieran y los oxidaran, convirtiéndolos en anhídrido carbónico radiactivo. Una tercera prueba introducía anhídrido carbónico radiactivo (y también monóxido de carbono) en el suelo marciano, a fin de comprobar si los microbios

marcianos lo absorbían. Para sorpresa inicial de, yo creo, todos los científicos involucrados, los tres experimentos dieron lo que al principio parecían resultados positivos. Se constataba intercambio de gases y se producía incorporación de anhídrido carbónico al suelo del planeta.

Pero existen razones para ser cautos. Estos estimulantes resultados no se consideran de modo general un indicio válido de la existencia de vida en Marte: los procesos metabólicos putativos de los microbios marcianos se produjeron bajo una amplia serie de condiciones específicas dentro de las sondas del *Viking*, humedad (mediante agua líquida procedente de la Tierra) y sequedad, luz y oscuridad, frío (sólo algo por encima del punto de congelación) y calor (prácticamente la temperatura normal de ebullición). Muchos microbiólogos consideran improbable que los microbios marcianos fueran tan capaces bajo condiciones tan variadas. Otro punto que induce en gran medida al escepticismo estriba en el hecho de que se llevara a cabo un cuarto experimento, con el objetivo de buscar materias químicas orgánicas en el suelo de Marte, que dio resultados negativos generalizados a pesar de su elevada sensibilidad. Cabe esperar que la vida en Marte, como la terrestre, esté organizada alrededor de moléculas basadas en el carbono. No encontrar en absoluto dicho tipo de moléculas amilanó a los exobiólogos más optimistas.

Los resultados aparentemente positivos obtenidos en los experimentos de detección de vida se atribuyen hoy, de manera generalizada, a sustancias químicas que oxidan el suelo y que se derivan en última instancia de la luz solar ultravioleta (tal como refiere el capítulo anterior). Hay todavía un puñado de científicos del programa *Viking* que se preguntan si podría haber organismos extremadamente resistentes y competentes diseminados en una fina capa del suelo marciano, de tal manera que no pudiera ser detectada su química orgánica, pero sí sus procesos metabólicos. Dichos científicos no niegan que el suelo de ese planeta contenga oxidantes generados por los rayos ultravioletas, pero subrayan que la mera presencia de los mismos no ha ofrecido hasta el momento una explicación completa para los resultados de detección de vida del *Viking*. También se ha reivindicado experimentalmente la presencia de materia orgánica en los meteoritos SNC, pero más bien parece tratarse de contaminantes que se han introducido en el meteorito con posterioridad a su llegada a nuestro mundo. Hasta el momento, nadie ha encontrado microbios marcianos en estas rocas caídas del cielo.

Tal vez por el hecho de que parece complacer a la opinión pública, la NASA y muchos de los científicos de la misión *Viking* se han mostrado muy cautelosos a la hora de perseguir las hipótesis biológicas. Incluso ahora podría hacerse mucho más en lo que respecta a la revisión de los datos con que contamos, a la inspección con instrumentos del mismo tipo que los del *Viking* de suelos antárticos u otros que alberguen pocos microbios, a la simulación en el laboratorio del papel de los oxidantes en suelo marciano y al diseño de experimentos para dilucidar esas cuestiones –sin excluir, claro está, nuevas exploraciones en busca de vida–, por medio de futuros vehículos de aterrizaje sobre Marte.

Si realmente no se encontró una rúbrica inequívoca de la presencia de vida, a través de experimentos de elevada sensibilidad en dos lugares separados por una distancia de cinco mil kilómetros, en un planeta marcado por un transporte global de partículas finas a cargo del viento, ello sugiere al menos que Marte podría ser, por lo menos hoy, un planeta carente de vida. Pero si Marte carece de vida, nos hallamos ante dos planetas que tienen virtualmente la misma edad y condiciones primitivas, evolucionando uno junto al otro en el mismo sistema solar: la vida prolifera en uno, pero en el otro no. ¿Por qué razón?

Quizá los restos químicos o fósiles de la vida marciana primitiva puedan hallarse todavía, en algún nivel subterráneo, bien protegidos de la radiación ultravioleta y sus productos de oxidación, que hoy están friendo la superficie del planeta. Tal vez en las caras de las rocas que han quedado expuestas por desprendimientos de tierra, o en las orillas de un antiguo valle fluvial o en el lecho de un lago ahora seco, o bien en terreno polar laminado, nos están esperando pruebas concluyentes de la existencia de vida en otro planeta.

A pesar de su ausencia sobre la superficie de Marte, las dos lunas del planeta, Fobos y Deimos, parecen ricas en materia orgánica compleja, cuya edad se remonta a la historia primitiva del sistema solar. La nave soviética *Phobos 2* halló evidencias de la presencia de vapor de agua emanando de Fobos, como si ésta poseyera un interior helado calentado por radiactividad. Es posible que las lunas de Marte fueran capturadas mucho tiempo atrás de algún lugar del sistema solar exterior; cabe imaginar que constituyan los ejemplos más cercanos de que disponemos de materia inalterada desde los días primitivos del sistema solar. Fobos y Deimos son muy pequeñas, alcanzando cada una de ellas un diámetro de apenas diez kilómetros, con lo que la gravedad que ejercen es prácticamente insignificante. Así pues, resulta comparativamente fácil llegar a ellas, aterrizar allí, examinarlas, emplearlas como base de operaciones para el estudio de Marte y luego regresar a casa.

Marte nos llama, un almacén de información científica importante por derecho propio, pero también en virtud de la luz que arroja sobre el entorno de nuestro propio planeta. Hay misterios que esperan ser resueltos en relación con el interior de Marte y su origen, la naturaleza de los volcanes en un mundo carente de placas tectónicas, la persistencia de las formas geográficas sobre un planeta que sufre tormentas de arena ni siquiera soñadas en la Tierra, glaciares y formas polares, el escape de atmósferas planetarias y la captura de lunas, por mencionar al azar unas cuantas muestras de entre las incógnitas científicas que nos plantea. Si Marte disfrutó en su día de abundante agua líquida y de un clima clemente, ¿qué fue lo que lo estropeó todo? ¿Cómo pudo un mundo similar a la Tierra volverse tan reseco, frío y carente de aire, comparativamente hablando? ¿Acaso encierra algún secreto sobre nuestro propio planeta que debiéramos conocer?

Nosotros los humanos hemos sido así con anterioridad. Los antiguos exploradores habrían entendido la llamada de Marte. No obstante, la mera exploración científica no requiere la presencia humana. Siempre podemos enviar

ingeniosos robots. Resultan mucho más baratos, no replican con insolencia, puedes mandarlos a lugares mucho más peligrosos y, siempre asumiendo algún riesgo de fracaso de la misión, evitan poner en peligro vidas humanas.

¿Alguien me ha visto?», reza el reverso del cartón de leche. «*Mars Observer*, 6' x 4,5' x 3', 2 500 kg. Se supo de él por última vez el 21-08-93, a 627 000 Km. de Marte.»

«M.O. llamando a casa», era el lastimero mensaje que difundía una banderola colgada en el exterior de la base de operaciones de la misión, instalada en el Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL), a fines de agosto de 1993. El fallo de la nave espacial americana *Mars Observer*, justo antes de que se insertara en la órbita de Marte, supuso una decepción colosal. En veintiséis años, era la primera misión lunar o planetaria americana que fracasaba en una fase posterior a su lanzamiento. Muchos científicos e ingenieros habían dedicado una década de su vida profesional al M. O. Constituía además la primera misión de Estados Unidos a Marte en diecisiete años, desde las dos sondas orbitales y las dos de descenso de la misión Viking en 1976. Era también la primera nave espacial propiamente dicha de la época posterior a la guerra fría: científicos rusos formaban parte de varios de los equipos de investigadores, y el *Mars Observer* debía actuar como un circuito repetidor de radio esencial para las sondas de aterrizaje de la que estaba programada como la próxima misión rusa Mars '94, así como para una ambiciosa misión con vehículos rodantes y globos denominada Mars '96.

Los instrumentos científicos a bordo del *Mars Observer* habrían cartografiado la geoquímica del planeta y preparado el camino para futuras misiones determinando además las decisiones respecto a los lugares óptimos de aterrizaje. Por otra parte, habría echado nueva luz sobre la cuestión del importantísimo cambio climático que parece haber tenido lugar en la historia primitiva del planeta. La nave también habría fotografiado algunas partes de la superficie de Marte con una resolución de menos de dos metros. Como es lógico, no tenemos ni idea de las maravillas que habría descubierto el *Mars Observer*. Pero cada vez que examinamos un mundo con instrumentos nuevos y con una resolución ampliamente mejorada emerge una asombrosa serie de hallazgos, como ocurrió cuando Galileo enfocó el primer telescopio hacia el cielo e inauguró la era de la astronomía moderna

Según la comisión de investigación, la causa del fallo radicó probablemente en una rotura del tanque de combustible durante la fase de presurización, lo que provocó que salieran despedidos gases y líquidos, y que la nave averiada empezara a girar totalmente fuera de control. Tal vez podría haberse evitado. Quizá no fue más que un accidente desafortunado. No obstante, a fin de adquirir una perspectiva sobre el asunto, demos un breve repaso a todas las misiones con destino a la Luna y los planetas diseñadas por Estados Unidos y la antigua Unión Soviética.

Al principio, nuestros registros fueron pobres. Los vehículos espaciales explotaban durante el despegue, fallaban a la hora de alcanzar sus objetivos o bien

dejaban de funcionar una vez en ellos. A medida que fue pasando el tiempo, los humanos fuimos mejorando nuestros vuelos interplanetarios. Hubo una curva de aprendizaje. Los cuadros anexos muestran dichas curvas (basadas en datos de la NASA con sus definiciones relativas a misiones coronadas por el éxito). Aprendimos a buen ritmo. Nuestra habilidad actual para reparar naves espaciales en pleno vuelo ha quedado ilustrada a la perfección con el ejemplo de las misiones Voyager anteriormente descrito.



Tasa de éxitos de las misiones norteamericanas y rusas a la Luna y a los planetas: arriba, lanzamientos coronados por el éxito. Abajo, misiones globales coronadas por el éxito. Se aprecia claramente una curva de progreso constante, pero es inevitable un determinado porcentaje de fracasos.

Constatamos en el gráfico que aproximadamente hasta el lanzamiento número 35 con destino a la Luna o a los planetas, y no antes, la tasa acumulativa de éxitos en misiones de Estados Unidos no alcanzó el cincuenta por ciento. Los rusos necesitaron cerca de cincuenta lanzamientos para alcanzar dicho porcentaje. Efectuando la media entre los vacilantes comienzos y la mejor actuación reciente, concluimos que tanto Estados Unidos como Rusia presentan una tasa acumulativa de éxitos en los lanzamientos de alrededor de un ochenta por ciento. Pero la tasa acumulativa de éxitos globales de las misiones se sitúa todavía por debajo del

setenta por ciento para Estados Unidos y del sesenta por ciento para la URSS/Rusia. O, lo que viene a ser lo mismo, las misiones lunares y planetarias han fracasado por término medio en un treinta o cuarenta por ciento de las ocasiones.

Las misiones a otros mundos se situaron desde sus comienzos en la vanguardia de la tecnología. Y todavía hoy continúan estándolo. Son diseñadas con subsistemas de reserva y comandadas por ingenieros experimentados y de plena dedicación, pero aun así no son perfectas. Lo asombroso del asunto no es que lo hayamos hecho tan mal, sino, por el contrario, que lo hayamos hecho tan bien.

Desconocemos si el fallo del *Mars Observer* se debió a la incompetencia o simplemente a cuestiones estadísticas, pero en las misiones de exploración de otros mundos debemos contar siempre con una cuota fija de fracasos. No se arriesgan vidas humanas cuando se pierde una nave espacial robotizada. Incluso si fuéramos capaces de mejorar de forma significativa esta tasa de éxito, resultaría, con mucho, demasiado costoso. Es preferible asumir mayores riesgos y mandar mayor número de naves.

Conociendo la imposibilidad de reducir los riesgos, ¿por qué limitamos nuestras actuales misiones espaciales a una sola nave? En 1962 el *Mariner 1*, programado para viajar a Venus, cayó al Atlántico; el casi idéntico *Mariner 2* se convirtió en la primera misión planetaria de la especie humana coronada por el éxito. El *Mariner 3* fracasó y su gemelo, el *Mariner 4*, de 1964, fue la primera nave que tomó primeros planos de Marte. O bien consideremos la misión de doble lanzamiento, en 1971, de los *Mariner 8* y *Mariner 9*, con destino a Marte. El *Mariner 8* debía cartografiar el planeta, mientras que el *Mariner 9* tenía el encargo de estudiar los enigmáticos cambios estacionales y seculares de las marcas de su superficie. El *Mariner 8* cayó al océano. El *Mariner 9* llegó hasta Marte y se convirtió en la primera nave espacial de la historia humana que orbitó alrededor de otro planeta. Descubrió los volcanes, el terreno laminado en los casquetes polares, los antiguos valles fluviales, así como la naturaleza eólica de los cambios observados en su superficie. Refutó la teoría de los «canales». Cartografió el planeta de polo a polo y puso de manifiesto todas las características geológicas importantes que hoy conocemos de Marte. Proporcionó, asimismo, las primeras observaciones cercanas de miembros de toda una clase de mundos pequeños (apuntando a las lunas marcianas, Fobos y Deimos). Si hubiéramos lanzado únicamente el *Mariner 8*, el esfuerzo nos habría reportado un fracaso absoluto.

Hubo también dos *Viking*, dos *Voyager*, dos *Vega* y varios pares de *Venera*. ¿Por qué se lanzó solamente un *Mars Observer*? La respuesta estándar reside en el coste. Sin embargo, una de las razones de que resultara tan cara responde al hecho de que se decidiera proyectarla mediante lanzadera espacial, una sección propulsora casi absurdamente costosa para misiones planetarias y, en este caso, decididamente, demasiado cara para el lanzamiento de dos M. O. Tras numerosos retrasos e incrementos de coste relacionados con la lanzadera, la NASA cambió de opinión y optó por lanzar el *Mars Observer* mediante un cohete propulsor Titán. Ello trajo consigo un retraso adicional de dos años y la necesidad de un adaptador

para acoplar la nave al nuevo vehículo de lanzamiento. Si la NASA no se hubiera empeñado en proporcionar negocio a la industria de las lanzaderas, cada vez menos lucrativa, podríamos haber puesto en marcha la misión un par de años antes y con dos naves en lugar de una.

Ya sea en lanzamientos individuales o por parejas, las naciones que efectúan vuelos espaciales han decidido claramente que ha llegado el momento de mandar de nuevo robots exploradores a Marte. Los diseños de las misiones cambian; nuevas naciones entran en juego; algunas de las que participaban descubren que ya no disponen de los medios para hacerlo. Incluso los programas que han recibido los fondos necesarios no siempre llegan a realizarse. Pero los planes que están en marcha dicen mucho de la intensidad de los esfuerzos y de la enorme dedicación que merecen.

Mientras escribo este libro, Estados Unidos, Rusia, Francia, Alemania, Japón, Austria, Finlandia, Italia, Canadá, la Agencia Espacial Europea y otras entidades poseen planes en fase experimental para la exploración robótica coordinada de Marte. En los siete años que median entre 1996 y el 2003, una flotilla de unas veinticinco naves —la mayoría de ellas comparativamente pequeñas y económicas— debe ser enviada a Marte desde la Tierra. Entre ellas no habrá ninguna que se limite a acercarse de manera rápida; todas son misiones de larga duración, con sondas orbitales y de aterrizaje. Estados Unidos tiene previsto mandar de nuevo la totalidad de los instrumentos científicos que se perdieron con el *Mars Observer*. Las naves rusas llevarán consigo experimentos particularmente ambiciosos en los que se hallan implicadas unas veinte naciones. Los satélites de comunicación harán posible que las estaciones experimentales puedan enviar sus datos de vuelta a la Tierra desde cualquier punto del planeta Marte. Una serie de perforadores caerán silbando desde la órbita, se clavarán en el suelo de Marte y transmitirán datos de sus capas subterráneas. Globos instrumentales y laboratorios ambulantes se pasearán sobre las arenas del planeta. Algunos de los microrrobots no pesarán más de unos cuantos kilos. Los instrumentos se calibrarán de forma cruzada y, además, podrán intercambiarse libremente los datos. Existen, pues, todas las razones para pensar que, en los años venideros, Marte y sus misterios se irán haciendo cada vez más familiares para los habitantes del planeta Tierra.

En la base de mando de la tierra, en una sala especial, nos encontramos ataviados con casco y guantes. Giramos la cabeza hacia la izquierda y la cámara del robot en Marte gira hacia la izquierda. Podemos ver, en imagen de muy alta definición y a todo color, lo que está viendo la cámara. Efectuamos un paso adelante y el robot avanza hacia adelante. Extendemos el brazo para recoger algo que brilla en el suelo, y el brazo de la máquina hace lo propio. Las arenas de Marte nos resbalan entre los dedos. La única dificultad que plantea esta tecnología de realidad remota es que todo ocurre, tediosamente, a cámara lenta: las órdenes desde la Tierra a Marte y el regreso a la Tierra de la respuesta pueden tardar más de media hora. Pero eso es algo que podemos aprender a hacer. Podemos aprender a contener nuestra impaciencia exploratoria, si es ése el precio que cuesta explorar



Marte. El vehículo puede ser lo suficientemente ingenioso como para solucionar eventualidades rutinarias. Si se le presenta cualquier obstáculo, se detiene, se coloca en posición de seguridad y se pone en contacto con la Tierra para que un paciente controlador se haga cargo de dirigirla.

Inventemos ingenios mecánicos ambulantes, cada uno de ellos un pequeño laboratorio científico, que aterricen en lugares aburridos pero seguros y vayan a contemplar en primer plano algunas de las profusas maravillas marcianas. Tal vez tendríamos cada día un robot avanzando hacia su propio horizonte; cada mañana podríamos ver de cerca lo que el día anterior era solamente una elevación distante. Los progresos de una ruta a través del paisaje de Marte aparecerían en los telediarios y serían observados en las escuelas. La gente aventuraría especulaciones sobre lo que se va a encontrar. Noticias nocturnas procedentes de otro planeta, cargadas de revelaciones sobre nuevos terrenos y nuevos hallazgos científicos, harían que en la Tierra todos nos sintiéramos partícipes de la aventura.

Luego está la realidad virtual marciana: los datos que nos lleguen de Marte, almacenados en un ordenador moderno, son transferidos a nuestro casco, guantes y botas. Estamos caminando en una habitación vacía de la Tierra, pero a nosotros nos parece estar en Marte: cielos rosados, campos salpicados de montículos, dunas de arena extendiéndose en el horizonte, por donde asoma un inmenso volcán; escuchamos la arena crujir bajo nuestras botas, apartamos piedras, cavamos un agujero, tomamos muestras del aire ligero, damos la vuelta a una esquina y aparece ante nuestros ojos... cualquier nuevo descubrimiento que se pueda efectuar en Marte, todo ello copias exactas del Marte real y todo experimentado sin correr peligros, en la seguridad de una sala de realidad virtual de nuestra ciudad. No es ése, claro está, el motivo para explorar Marte, pero es evidente que necesitaremos robots de exploración que nos manden la realidad real para poder reconfigurarla en realidad virtual.

Especialmente si se efectúa una inversión continua en el campo de la robótica y de la inteligencia mecánica, enviar seres humanos a Marte no puede justificarse únicamente mediante la ciencia. Además, muchísimas más personas podrán experimentar el Marte virtual de las que sería posible mandar al Marte real. Podemos arreglárnoslas muy bien con los robots. Si de verdad queremos mandar personas a Marte, vamos a necesitar mejores argumentos que la ciencia y la exploración.

En los años ochenta creía tener una justificación coherente para las misiones humanas con destino a Marte. Imaginaba a Estados Unidos y a la Unión Soviética, los dos rivales enfrentados en la guerra fría que habían puesto en peligro nuestra civilización global, aliándose en un esfuerzo tecnológico de largo alcance que abriría las puertas de la esperanza a los seres humanos de todo el mundo, imaginaba un programa del estilo del Apolo pero al revés, en el cual la cooperación y no la competición constituiría la fuerza motriz, en el cual las dos naciones que lideraban la carrera del espacio aportarían unidas las bases para un avance crucial en la historia humana, la colonización de otro planeta.

El simbolismo parecía venir como anillo al dedo. La misma tecnología capaz de propulsar armas apocalípticas de un continente a otro haría posible el primer viaje humano a otro planeta. Se trataba de una elección con unos poderes míticos muy apropiados: abrazar un planeta que se denomina como el dios de la guerra, en lugar de poner en práctica la locura que con él se asocia.

Conseguimos interesar a los científicos e ingenieros soviéticos en la realización de un esfuerzo común de esa envergadura. Roald Sagdeev, entonces director del Instituto de Investigación Espacial de la Academia Soviética de la Ciencia en Moscú, se hallaba ya profundamente implicado en la cooperación internacional, en misiones robóticas soviéticas con destino a Venus, Marte y el cometa Halley, mucho antes de que surgiera la idea. El proyecto del uso conjunto de la estación espacial soviética *Mir* y del cohete *Energiya*, de la clase Saturn V, hizo atractiva la cooperación para las organizaciones soviéticas que fabricaban esas piezas de hardware, organizaciones que, por otra parte, estaban teniendo dificultades para justificar sus mercancías. Mediante una serie de argumentos (siendo el de la contribución al final de la guerra fría el más importante) se convenció al entonces líder soviético Mijaíl S. Gorbachov. Durante la cumbre de Washington de diciembre de 1987, preguntado el líder soviético acerca de cuál era la actividad conjunta más importante que pudiera simbolizar el cambio en las relaciones entre ambas naciones, Gorbachov respondió sin titubear: «Vayamos juntos a Marte.»

Pero la Administración Reagan no estaba interesada en el tema. Cooperar con los rusos, reconocer que determinadas tecnologías soviéticas eran más avanzadas que sus contrapartidas norteamericanas, revelar los secretos de algunas tecnologías americanas a los soviéticos, compartir méritos y proporcionar una alternativa a los fabricantes de armas eran conceptos que no eran del agrado del gobierno en el poder. En consecuencia, la oferta fue rechazada. Marte tendría que esperar.

En unos pocos años, los tiempos han cambiado. La guerra fría ha quedado atrás. La Unión Soviética ya no existe. El beneficio derivado de la colaboración de ambas naciones ha perdido fuerza. Otros países, especialmente Japón y los miembros constituyentes de la Agencia Espacial Europea, se han convertido en viajeros interplanetarios. Muchas demandas urgentes y justificadas gravan los presupuestos discrecionales de las naciones.

Pero la sección propulsora de carga pesada *Energiya* todavía espera que se le asigne una misión. El cohete Protón ya está disponible como caballo de tiro. La estación espacial *Mir* —con una tripulación a bordo casi de forma continua— todavía describe cada hora y media una órbita alrededor de la Tierra. A pesar de las turbulencias internas, el programa espacial ruso sigue adelante con fuerza. La cooperación espacial entre Rusia y Estados Unidos se está acelerando. Un cosmonauta ruso, Sergei Krikalev, voló en 1994 a bordo del transbordador espacial *Discovery* (en la misión habitual de una semana de duración; Krikalev había cubierto ya 464 días a bordo de la estación espacial *Mir*). Está previsto además que astronautas norteamericanos visiten la estación *Mir*. Los vehículos espaciales rusos

con destino a Marte llevarán a bordo aparatos científicos americanos, entre los cuales se incluye uno para examinar los oxidantes, a los que se atribuye la destrucción de las moléculas orgánicas del suelo marciano. El *Mars Observer* fue diseñado para servir de estación de relevo a las sondas de aterrizaje de las misiones rusas a Marte. Los rusos, por su parte, han ofrecido incluir un orbitador de Estados Unidos en una próxima misión a Marte, propulsada por el lanzador multicarga Protón.

La capacidad de Estados Unidos y la de Rusia en tecnología y ciencia espaciales encajan bien, discurren por vías complementarias. Una es fuerte donde la otra es débil. Se trata de un matrimonio forjado en el cielo, pero que ha resultado sorprendentemente difícil de consumir.

El 2 de Septiembre de 1993 el vicepresidente norteamericano Al Gore y el primer ministro ruso Viktor Chernomyrdin firmaron en Washington un acuerdo de cooperación en profundidad. La Administración Clinton ha ordenado a la NASA rediseñar la estación espacial norteamericana (bautizada *Freedom* en la era Reagan) a fin de que circule en la misma órbita que la *Mir* y pueda acoplarse a ella: se unirán también módulos japoneses y europeos, así como un brazo robot de nacionalidad canadiense. El diseño ha evolucionado actualmente hacia la que se ha dado en llamar estación espacial *Alpha*, en la que se hallan involucradas casi todas las naciones con presupuesto espacial. (China constituye la excepción más notable.)

A cambio de la cooperación espacial de Estados Unidos, y tratándose de un tema de difícil aceptación, Rusia accedió, en efecto, a detener sus ventas de componentes de misiles balísticos a otras naciones y, de forma general, a imponer un severo control sobre sus exportaciones de tecnología de armas estratégicas. De este modo, una vez más el espacio se convierte, como lo fue en los momentos culminantes de la guerra fría, en un instrumento de política estratégica nacional.

Sin embargo, esta nueva tendencia ha incomodado profundamente a una parte de la industria aeroespacial, así como a algunos miembros clave del Congreso. Sin competencia internacional, ¿seremos capaces de motivar la realización de esfuerzos tan ambiciosos? ¿Va a significar cada vehículo ruso lanzado y utilizado de forma cooperativa un menor apoyo para la industria aeroespacial norteamericana? ¿Pueden los americanos confiar en un apoyo estable y en la continuidad de esfuerzos en los proyectos conjuntos con los rusos? (Estos, claro está, se formulan preguntas similares en relación con los americanos.) No obstante, los programas de cooperación suponen un ahorro a largo plazo, aprovechan el extraordinario talento científico y de ingeniería distribuido por el planeta y proporcionan inspiración acerca del futuro global. Puede haber fluctuaciones en los compromisos nacionales. Es probable que demos pasos hacia adelante y también hacia atrás. Pero la tendencia generalizada parece clara.

A pesar de las crecientes dificultades, los programas espaciales de los dos antiguos adversarios están empezando a converger. Hoy es posible prever una estación espacial internacional —adscrita no a una nación concreta sino a todo el

planeta Tierra— que será montada a 51° de inclinación hacia el ecuador y a unos pocos cientos de kilómetros cielo arriba. Se está discutiendo una espectacular misión conjunta, denominada «Fuego y hielo», que pretende un rápido acercamiento a Plutón, el último planeta inexplorado; pero para llegar allí se emplearía la ayuda gravitatoria del Sol, en el curso de la cual pequeñas sondas penetrarían de facto en la atmósfera solar. Y parece que nos encontramos en el umbral de un consorcio mundial para la exploración científica de Marte. Todo indica que esos proyectos van a llevarse a cabo de forma cooperativa o, de otro modo, no llegarán a realizarse.

Si existen razones válidas, justificativas de los costes y ampliamente defendibles, para mandar seres humanos a Marte es una pregunta que permanece abierta. Ciertamente, no hay consenso. La cuestión es abordada en el próximo capítulo.

Yo apuntaría que, si finalmente no vamos a enviar personas a mundos tan distantes como Marte, hemos perdido el argumento principal en favor de la estación espacial, un puesto de avanzada humana permanente o intermitentemente ocupado en la órbita terrestre. Una estación espacial queda lejos de ser una plataforma óptima de investigación científica, lo mismo mirando hacia la Tierra que apuntando hacia el espacio o para emplear la microgravedad (la mera presencia de astronautas complica las cosas). En cuanto al reconocimiento militar, es de calidad muy inferior al que pueden llevar a cabo las naves espaciales robotizadas. No existen aplicaciones apremiantes económicas o de fabricación. Comparada con las naves robotizadas resulta cara. Y, naturalmente, comporta algún riesgo de pérdida de vidas humanas. Cada lanzamiento de un transbordador para ayudar a construir o abastecer una estación espacial implica un uno o dos por ciento de probabilidades estimadas de fracaso catastrófico. Anteriores actividades espaciales civiles y militares han diseminado escombros que se mueven con rapidez por el nivel inferior de la órbita terrestre y que, tarde o temprano, colisionarían con una estación espacial (si bien hasta el momento la estación *Mir* no ha tenido fallos atribuibles a dicho peligro). Una estación espacial resulta asimismo innecesaria para la exploración humana de la Luna. *Apolo* llegó perfectamente a ella sin la intervención de estación espacial alguna. Mediante cohetes de la categoría del Saturn V o el Energiya se podría llegar a asteroides cercanos a la Tierra, o incluso a Marte, sin necesidad de ensamblar el vehículo interplanetario en una estación espacial en órbita.

Una estación espacial podría servir de estímulo y como medio de formación, y ayudaría a reforzar las relaciones entre las naciones con programas espaciales, particularmente Estados Unidos y Rusia. No obstante, la única función esencial de una estación espacial que alcanzo a vislumbrar se concretaría en los vuelos espaciales de larga duración. ¿Cómo se comporta el cuerpo humano en una situación de microgravedad? ¿Cómo podemos combatir los cambios progresivos en la química sanguínea y una pérdida estimada de masa ósea de un seis por ciento anual en un entorno de gravedad cero? (En una misión de tres o cuatro años

a Marte, a todo ello se suma que los viajeros tendrían que moverse a cero grados.)

No son cuestiones de biología básica como el DNA o el proceso evolutivo; más bien introducen temas de biología humana aplicada. Por supuesto que es importante conocer las respuestas, pero solamente si pretendemos viajar a algún lugar muy alejado del espacio que vayamos a tardar mucho tiempo en alcanzar. La única finalidad tangible y coherente de una estación espacial radica en la posibilidad de eventuales misiones humanas con destino a asteroides cercanos a la Tierra, a Marte y más allá. Históricamente, la NASA ha sido cauta a la hora de explicarlo de una forma clara, probablemente por miedo a que algunos miembros del Congreso se echaran las manos a la cabeza, denunciaran la estación espacial como la punta de lanza de una partida extremadamente costosa y declararan que el país no estaba preparado para comprometerse a mandar seres humanos a Marte. Efectivamente, pues, la NASA ha mantenido en silencio la auténtica finalidad del proyecto de la estación espacial. Y, sin embargo, si dispusiéramos de una estación espacial, nada nos obligaría a ir directos a Marte. Podríamos utilizarla para acumular y refinar conocimientos relevantes e invertir en ello el tiempo que nos pareciera oportuno, de tal modo que, cuando de verdad llegara el momento, cuando estuviéramos realmente preparados para viajar a los planetas, contáramos con los conocimientos y la experiencia necesarios para hacerlo de una forma segura.

El fracaso del *Mars Observer* y la catastrófica pérdida del transbordador espacial *Challenger* en 1986 nos recuerdan que existe una irreducible posibilidad de desastre en los futuros viajes humanos a Marte o a cualquier otro lugar del espacio. La misión del *Apolo 13*, que fue incapaz de tomar tierra en la Luna y a duras penas pudo regresar sana y salva a la Tierra, subraya lo afortunados que hemos sido. No podemos fabricar coches y trenes ciento por ciento seguros, a pesar de que venimos haciéndolo desde hace más de un siglo. Cientos de miles de años después de que lográramos domesticar el fuego, todas las ciudades del mundo poseen hoy un servicio de bomberos, siempre pendiente de que se produzca algún incendio que requiera su intervención. En los cuatro viajes de Colón al Nuevo Mundo, éste perdió barcos a diestro y siniestro, llegando hasta un tercio de la pequeña flota que partió en el año 1492.

Si decidimos enviar personas al espacio, tendrá que ser por una razón de peso y sin perder de vista en ningún momento el hecho de que casi con seguridad ello va a implicar la pérdida de vidas humanas. Los astronautas y cosmonautas siempre lo han tenido claro. Y, a pesar de ello, nunca ha habido ni habrá escasez de voluntarios.

Pero ¿por qué a Marte? ¿Por qué no volver a la Luna? Está cerca y hemos demostrado que sabemos cómo enviar seres humanos hasta allí. Me temo que la Luna, cercana como se encuentra, represente un largo rodeo, si no un callejón sin salida. Ya hemos estado allí. Incluso hemos traído trozos de la misma. La gente ha tenido ocasión de ver rocas lunares y, por razones, creo yo, básicamente acertadas, la Luna los aburre. Se trata de un mundo estático, sin aire, sin agua, de cielos

negros, un mundo muerto. Su aspecto más interesante estriba quizá en los cráteres que presenta su superficie, un registro de antiguos impactos catastróficos, tanto en la Tierra como en la Luna.

Marte, por el contrario, posee meteorología, tormentas de polvo, sus propias lunas, volcanes, casquetes de hielo polar, accidentes geográficos peculiares, antiguos valles fluviales, así como evidencias de un masivo cambio climático en un planeta que, en su día, fue parecido a la Tierra. Conserva una expectativa de vida en el pasado y, tal vez, también en el presente y es el planeta más compatible para la vida en el futuro, la vida de seres humanos llegados desde la Tierra, viviendo de la tierra. Nada de todo eso se cumple en el caso de la Luna. Marte posee también su propia historia, deducible a partir de los cráteres. Si en lugar de la Luna hubiera sido Marte el que hubiera estado a nuestro alcance, no habríamos dejado de lado los vuelos espaciales tripulados.

Tampoco es que la Luna constituya un banco de pruebas especialmente interesante, ni una estación intermedia de camino hacia Marte. Los entornos medioambientales de Marte y de la Luna son muy distintos, y esta última se encuentra tan alejada de Marte como lo está la Tierra. La maquinaria para la exploración marciana puede ser comprobada, al menos igual de bien, en la órbita terrestre, en asteroides cercanos a la Tierra o en la misma Tierra, por ejemplo en la Antártida.

Japón tiende a mostrarse escéptico acerca del compromiso de Estados Unidos y otras naciones para planificar y ejecutar proyectos importantes de cooperación espacial. Esa es una de las razones por las que Japón, más que cualquier otra nación con programa espacial, se ha inclinado por actuar de forma individual. La Sociedad Lunar y Planetaria de Japón es una organización que representa a los entusiastas del espacio en el seno del gobierno, de las universidades y de las principales empresas. En el momento de redactar estas líneas, dicha sociedad ha presentado la propuesta de construir y abastecer enteramente mediante mano de obra robótica una base lunar. Se prevé invertir unos treinta años en su construcción y que cueste alrededor de mil millones de dólares anuales (cifra que representaría un siete por ciento del actual presupuesto espacial civil estadounidense). No albergaría humanos hasta que la base estuviera completamente a punto. Se afirma que la utilización de equipos de construcción robotizados, comandados por radio desde la Tierra, arroja unos costes diez veces inferiores. El único problema que presenta el proyecto, según los informes, radica en que otros científicos se siguen preguntando: «¿Para qué sirve?» Es una buena pregunta que se plantea en todas las naciones.

Probablemente, la primera misión humana a Marte resulte hoy demasiado costosa para que una nación la ponga en marcha por separado. Tampoco es positivo que un paso histórico de esas características sea asumido de forma unilateral por representantes de una pequeña fracción de la especie humana. Pero un proyecto de cooperación entre Estados Unidos, Rusia, Japón, la Agencia Espacial Europea, y quizá otras naciones, como China, podría resultar factible en

un futuro no demasiado lejano. La estación espacial internacional habrá puesto a prueba nuestra capacidad para trabajar juntos en grandes proyectos de ingeniería espacial.

Actualmente, el coste de enviar un kilo de cualquier material no más lejos del nivel bajo de la órbita terrestre es equiparable al coste de un kilo de oro. Esa es, con seguridad, una razón de peso que tenemos para pisar las antiguas orillas de Marte. Los cohetes químicos de etapas múltiples constituyeron los medios que nos llevaron por primera vez al espacio y son lo que hemos venido usando desde entonces. Hemos intentado refinarlos, hacerlos más seguros, más fiables, más simples, más baratos. Pero no ha funcionado, o al menos no al ritmo que muchos habían esperado.

Por tanto, quizá exista un modo mejor: tal vez podrían emplearse cohetes de una sola etapa que pudieran poner sus cargas directamente en órbita; o quizá múltiples cargas pequeñas puedan dispararse mediante cañones o por cohetes desde aviones; a lo mejor la solución estriba en los estatorreactores supersónicos. Es posible que exista un método mucho mejor que no se nos haya ocurrido todavía. Si somos capaces de fabricar propelentes a partir del aire y del suelo de nuestros destinos en el espacio para el trayecto de regreso, la dificultad del viaje se vería considerablemente reducida.

Una vez arriba, en el espacio, viajando hacia los planetas, los cohetes no constituyen necesariamente el mejor medio para transportar grandes cargas de un lugar a otro, incluso contando con la ayuda gravitatoria. Hoy en día, nos servimos de unos cuantos impulsos de cohete en las primeras fases, así como para las correcciones posteriores a medio trayecto, y el resto del camino funcionamos a velocidad de crucero. Pero existen sistemas de propulsión iónica y nuclear/eléctrica que ejercen una pequeña y constante aceleración. O bien, como imaginó por primera vez el pionero ruso del espacio Konstantin Tsiolkovsky, podríamos emplear velas solares, una carabela de kilómetros de anchura avanzando por el vacío entre los mundos. Especialmente para viajes a Marte y más allá, dichos métodos resultan mucho mejores que los cohetes.

Al igual que sucede con muchas tecnologías, cuando algo parece que funciona, cuando es el primero de su clase, existe una tendencia natural a mejorarlo, a desarrollarlo, a explotarlo. Pronto se ha originado una inversión institucional de tales dimensiones en la tecnología original que, independientemente de lo defectuosa que sea, resulta muy difícil sustituirla por algo mejor. La NASA no dispone prácticamente de recursos para investigar tecnologías de propulsión alternativas. Ese dinero debería proceder de misiones a corto plazo, misiones que pueden proporcionar resultados palpables y aumentar el registro de éxitos de la institución. Invertir fondos en tecnologías alternativas puede dar sus frutos en una década o dos. He ahí una de las maneras en que el éxito a corto plazo puede sembrar las semillas del fracaso a largo plazo; algo muy parecido ocurre a veces en la evolución biológica. Pero, tarde o temprano, alguna nación — tal vez una que no realice enormes inversiones en tecnología marginalmente eficaz— desarrollará

alternativas efectivas.

Incluso antes, si optamos por la vía de la cooperación, llegará un día — quizá en las primeras décadas del nuevo siglo y milenio— en que una nave espacial interplanetaria será ensamblada en la órbita terrestre, y el informativo de la noche nos brindará el progreso en todo su esplendor. Astronautas y cosmonautas, flotando en el aire como moscas, manejarán y acoplarán las partes prefabricadas. Finalmente la nave, comprobada y lista, será abordada por su tripulación internacional y lanzada a velocidad de escape. Durante todo el viaje hacia Marte y de regreso, las vidas de los miembros de la misión dependen unas de otras, un microcosmos de nuestras circunstancias reales aquí en la Tierra. Quizá la primera misión interplanetaria conjunta con tripulaciones humanas consistirá únicamente en acercarse u orbitar Marte. Con anterioridad, vehículos robot con freno aerodinámico, paracaídas y retrocohetes se habrán posado suavemente sobre la superficie del planeta para recoger muestras y mandarlas a la Tierra, así como para dejar suministros para exploradores futuros. En definitiva, tengamos o no razones coherentes e importantes, estoy convencido de que —a menos que nos autodestruyamos antes— llegará el día en que los seres humanos pisarán el planeta Marte. Se trata solamente de una cuestión de tiempo.

De acuerdo con un solemne tratado, firmado en Washington y Moscú el 27 de enero de 1967, ninguna nación podrá reclamar la soberanía sobre parte o la totalidad de otro planeta. Sin embargo —por razones históricas que Colón habría comprendido muy bien— hay quien se preocupa por la cuestión de quién va a pisar primero el suelo de Marte. Si eso nos inquieta realmente, podemos asegurarnos de que los miembros de la tripulación vayan todos atados por los tobillos en el momento de descender de la nave a la suave gravedad marciana.

Las tripulaciones recogerían muestras nuevas, previamente separadas, en parte para buscar vida y en parte para tratar de comprender el pasado y el futuro de Marte y de la Tierra. Realizarían experimentos para posteriores expediciones, encaminados a extraer agua, oxígeno e hidrógeno de las rocas y del aire, así como del permafrost subterráneo, con miras a beber, a alimentar sus máquinas, como combustible y oxidante para cohetes y para propulsar el viaje de regreso. Investigarían los materiales marcianos para la eventual fabricación de bases y asentamientos sobre el planeta.

Y continuarían explorando. Cuando imagino las primeras misiones de exploración humana en Marte, siempre aparecen vehículos rodantes parecidos a jeeps, descendiendo por las laderas de alguno de los valles, con una tripulación equipada con martillos geológicos, cámaras e instrumentos analíticos. Buscan rocas de tiempos pasados, señales de antiguos cataclismos, pistas acerca del cambio climático, sustancias químicas raras, fósiles o bien —lo más excitante, pero también más improbable— seres vivos. Sus descubrimientos son televisados en la Tierra, a donde llegan a la velocidad de la luz. Acurrucados en la cama con los niños, exploramos con avidez los antiguos lechos de ríos sobre el planeta Marte.



# SUBIR AL CIELO

¿Quién, amigo mío, es capaz de subir al cielo?  
Poema épico de GILGAMESH  
(Sumeria, III milenio a. J.C.)

¿Cómo es posible?, me pregunto a veces fascinado: nuestros antepasados se trasladaron del este de África a Nueva Zembla, a Ayers Rock y a la Patagonia, cazaron elefantes con puntas de lanza hechas de piedra, atravesaron los mares polares en botes abiertos, siete mil años atrás, circunnavegaron la Tierra sin más propulsión que el viento, pisaron la Luna al cabo de una década de haber penetrado en el espacio... ¿y a nosotros nos intimida un viaje a Marte? Pero luego me recuerdo a mí mismo todo el sufrimiento evitable sobre la Tierra, cómo unos pocos dólares pueden salvar la vida de un niño a punto de morir deshidratado, cuántos niños podríamos salvar por el coste de un viaje a Marte, y entonces, al momento, cambio de opinión. ¿Supone un mérito quedarse en casa o el mérito radica en ir? ¿O acaso he planteado una falsa dicotomía? ¿No es posible construir una vida mejor para todos los habitantes de la Tierra y llegar a los planetas y a las estrellas?

Tuvimos una carrera expansiva en los años sesenta y setenta. Uno habría podido pensar, como yo entonces, que nuestra especie habría pisado Marte antes de finalizar el siglo. Pero, en lugar de eso, nos hemos echado atrás. Dejando de lado los robots, nos hemos retirado de los planetas y las estrellas. Y yo sigo preguntándome: ¿se debe a una falta de nervio o es más bien un síntoma de madurez?

Quizá es lo máximo que razonablemente cabía esperar. En cierto modo, resulta asombroso que lo conseguido llegara a ser posible: enviamos a una docena de seres humanos a realizar excursiones de una semana de duración con destino a la Luna. Y nos fueron concedidos los medios para efectuar un reconocimiento preliminar de todo el sistema solar, hasta Neptuno en todo caso, misiones que nos proporcionaron gran profusión de datos pero ningún valor práctico, ningún dividendo a corto plazo, de uso cotidiano. Levantaron, eso sí, la moral humana. Nos iluminaron en lo que se refiere a nuestro lugar en el universo. Resulta fácil imaginar una maraña de causalidad histórica que no llegara a desembocar en la carrera a la Luna y en los programas planetarios.

Pero también entra dentro de lo posible imaginar una dedicación mucho más seria a la exploración, a consecuencia de la cual hoy tendríamos vehículos robotizados sondeando las atmósferas de todos los planetas jovianos y de docenas de lunas, cometas y asteroides; una red de estaciones científicas automáticas desplegadas en Marte transmitirían a diario sus hallazgos, y muestras de

numerosos mundos estarían siendo analizadas en los laboratorios de la Tierra, poniendo al descubierto la geología, la química e incluso, quizá, la biología de los mismos. Avanzadillas humanas podrían haberse establecido ya en los asteroides cercanos a la Tierra, en la Luna y en Marte.

Había muchos caminos históricos posibles. Nuestra particular maraña de causalidad nos ha llevado a una modesta y rudimentaria —si bien en muchos aspectos heroica— serie de exploraciones. No obstante, es muy inferior a lo que habría podido y puede que llegue a ser algún día.

«Llevar la prometeica chispa verde hasta el vacío estéril y prender allí el fuego de la materia animada constituye el verdadero destino de nuestra raza», reza el folleto de la llamada Fundación del Primer Milenio. Promete, por ciento veinte dólares al año, «la categoría de ciudadano» en «colonias espaciales, cuando llegue el momento». «Los benefactores» que contribuyan en mayor medida recibirán también «la imperecedera gratitud de una civilización abocada a las estrellas, y su nombre figurará grabado en el monolito que ha de erigirse en la Luna». Éste representa un extremo en el *continuum* del entusiasmo por la presencia humana en el espacio. El otro extremo —representado de forma óptima por el Congreso— cuestiona la necesidad de nuestra presencia en el espacio, especialmente la de seres humanos en lugar de robots. El programa Apolo fue un «engañabobos», según lo calificó en una ocasión el crítico social Amitai Etzioni; habiendo puesto punto final a la guerra fría, no existe justificación alguna para el programa espacial tripulado, digan lo que digan los defensores de dicha orientación. ¿En qué parte de ese espectro de opciones políticas debíamos situarnos?

Desde que Estados Unidos batiera a la Unión Soviética en la carrera hacia la Luna, parece haberse desvanecido una justificación coherente y ampliamente asumida para la presencia humana en el espacio. Presidentes y comités del Congreso se preguntan qué hacer con el programa espacial tripulado. ¿Para qué sirve? ¿Para qué lo necesitamos? Pero las hazañas de los astronautas y los aterrizajes sobre la superficie lunar despertaron —con razón— la admiración en todo el mundo. Suspender los vuelos espaciales tripulados supondría un rechazo a ese sorprendente logro norteamericano, se dicen los líderes políticos. ¿Qué presidente, qué Congreso desea asumir la responsabilidad de decretar el fin del programa espacial americano? Y en la antigua Unión Soviética se escucha un argumento similar; se preguntan: ¿debemos abandonar la única alta tecnología en la que todavía somos líderes mundiales? ¿Vamos a ser herederos desleales de Konstantin Tsiolkovsky, Sergei Korolev y Yuri Gagarin?

La primera ley de la burocracia es la que prescribe la garantía de su propia continuidad. Dejada a su libre albedrío, sin recibir instrucciones claras desde arriba, la NASA degeneró rápidamente en un programa encaminado a mantener beneficios, puestos de trabajo y emolumentos. Políticas oportunistas\*, lideradas por el Congreso, se convirtieron en una fuerza decisiva a la hora de diseñar y ejecutar

---

\* En el original «*pork barrel politics*», que según definición del Simón and Schuster's significa: apropiación o partida del presupuesto que se usa para patronazgo político. (Nota. de la traductora.)

las misiones y objetivos a largo plazo. La burocracia se enquistó. La NASA se desvió de su camino.

El 20 de Julio de 1989, en el vigésimo aniversario del alunizaje del *Apolo 11*, el presidente George Bush anunció una orientación a largo plazo para el programa espacial de Estados Unidos. Bautizada como Iniciativa de Exploración Espacial (SEI), proponía una secuencia de objetivos entre los que se incluía una estación espacial norteamericana, el retorno de los seres humanos a la Luna y el primer aterrizaje de una nave tripulada sobre Marte. En una declaración posterior, el presidente Bush fijó el año 2019 como plazo tope para alcanzar esta última meta.

Y, sin embargo, la Iniciativa de Exploración Espacial, a pesar de las claras consignas dictadas desde el poder, fracasó. Cuatro años después de que se impartiera el mandato, la SEI ni siquiera contaba con una oficina de la NASA dedicada a ella. Algunas misiones lunares robóticas de poca envergadura y escaso presupuesto, que de otro modo habrían sido aprobadas sin problemas, fueron canceladas por el Congreso debido a cargos de conciencia asociados con la SEI.

En primer lugar se planteaba el problema del plazo temporal. El proyecto de la SEI se extendía en el futuro a lo largo de cinco periodos de mandatos presidenciales (abarcando de media una presidencia un periodo y medio). Eso facilita que un presidente intente comprometer a sus sucesores, pero deja bastante en la duda lo fiable que pueda ser ese compromiso. SEI contrastaba dramáticamente con el programa Apolo, que –como podía haberse conjeturado cuando se puso en marcha– podía haber triunfado estando el presidente Kennedy o sus inmediatos sucesores todavía ejerciendo el cargo.

En segundo lugar, preocupaba la cuestión de si la NASA, que recientemente había tenido enormes dificultades para lanzar a unos cuantos astronautas a poco más de trescientos kilómetros de la Tierra, sería capaz de enviar astronautas, en una trayectoria arqueada de un año de duración, hacia un destino situado a 160 millones de kilómetros de distancia y conseguir que regresaran con vida.

En tercer lugar, el programa estaba concebido exclusivamente en términos nacionalistas. La cooperación con otras naciones no resultaba fundamental ni para su diseño ni para su ejecución. El vicepresidente Dan Quayle, que poseía la responsabilidad nominal en el tema espacial, justificó la estación espacial como una demostración de que Estados Unidos constituía «la única superpotencia mundial». No obstante, al disponer la Unión Soviética de una estación espacial operativa que se hallaba diez años por delante de la de Estados Unidos, el argumento del señor Quayle difícilmente se sostenía.

Finalmente estaba el asunto de la procedencia, en términos de política práctica, de los fondos necesarios para llevarlo a cabo. Los costes necesarios para hacer llegar a los primeros seres humanos a Marte habían suscitado estimaciones diversas que podían alcanzar hasta los quinientos mil millones de dólares.

Naturalmente, es imposible predecir los costes antes de tener a punto el diseño de la misión. Y éste depende de cuestiones tales como el número de tripulantes, hasta qué punto van a tomarse medidas de precaución ante los peligros que

plantean las radiaciones solar y cósmica, o la gravedad cero, y también qué otros riesgos estamos dispuestos a asumir en relación con las vidas de los hombres y mujeres que han de viajar a bordo. Si cada miembro de la tripulación tiene una especialidad esencial, ¿qué ocurriría si uno de ellos cayera enfermo? Cuanto más numeroso es el equipo, más posibilidad hay de recambio. A buen seguro no mandaríamos a un cirujano dentario de dedicación completa, pero ¿y si necesitamos una operación dentaria y nos encontramos a 160 millones de kilómetros del odontólogo más cercano? ¿O bien podría solucionarlo un especialista en endodoncias desde la Tierra, mediante telemetría?

Wernher von Braun fue el ingeniero nazi americano que nos llevó verdaderamente, más que ninguna otra persona, al espacio. Su libro de 1952 *Das Marsprojekt* («El proyecto Marte») imaginaba una primera misión compuesta de diez naves espaciales interplanetarias, una tripulación de setenta miembros y tres «botes de aterrizaje». La redundancia tenía un papel preeminente en sus concepciones. Los requisitos logísticos, escribió, «no superan los de una operación militar menor sobre un escenario de guerra limitado». El pretendía «acabar de una vez por todas con la teoría del cohete espacial solitario y su pequeña banda de intrépidos aventureros interplanetarios» y apeló al ejemplo de los tres barcos de Colón, sin los cuales y según «tiende a demostrar la historia, éste nunca habría regresado a tierras españolas». Los diseños de las misiones modernas a Marte han ignorado estos consejos. Son mucho menos ambiciosas que la de Von Braun, incluyendo por lo general una o dos naves, tripuladas por un número de astronautas que oscila entre tres y ocho, además de una o dos naves robóticas de carga. El cohete solitario y la pequeña banda de aventureros permanecen todavía entre nosotros.

Otras incertidumbres en relación con el diseño y el coste de la misión estriban en si conviene enviar por delante los suministros de la Tierra y esperar a que hayan aterrizado sin problema para lanzar las naves tripuladas; si hay posibilidad de utilizar materiales marcianos para generar oxígeno para respirar, agua para beber y propelentes para que el cohete pueda enfilarse viaje de regreso; si el aterrizaje debe emplear la ligera atmósfera de Marte como freno aerodinámico; la cantidad prudente de equipos de reserva; en qué medida van a emplearse sistemas ecológicos cerrados o se dependerá simplemente de los víveres, agua y sistemas de eliminación de desperdicios traídos desde la Tierra; el diseño de los vehículos ambulantes para la exploración del paisaje de Marte por parte de la tripulación y, finalmente, los equipos que se desea incluir para comprobar nuestra capacidad de supervivencia en el planeta, en viajes posteriores.

Antes de haber decidido estas cuestiones, era absurdo aceptar cualquier cifra de coste para el programa. Por otra parte, estaba claro de todos modos que la SEI iba a resultar extraordinariamente cara. Por todas estas razones, el programa era de entrada un caballo retirado de competición. Nació muerto. La Administración Bush no efectuó ni una sola tentativa eficaz de invertir capital político para ponerlo en marcha.

A mí me parece que la lección está muy clara: puede que no haya manera de mandar seres humanos a Marte en un futuro comparativamente próximo, aun tratándose de algo que entra perfectamente dentro de nuestras capacidades tecnológicas. Los gobiernos no se gastan esas ingentes sumas de dinero solamente para fines científicos o para explorar. Necesitan otros motivos, y hacerlo ha de tener verdadero sentido político.

Quizá resulte imposible ir ahora, pero cuando por fin esté a nuestro alcance, la misión debe ser, en mi opinión, internacional desde el principio, con costes y responsabilidades equitativamente compartidos por todas las naciones en liza; el precio deberá ser razonable; el lapso de tiempo desde su aprobación hasta su lanzamiento deberá encajar dentro de plazos políticos prácticos y las agencias espaciales implicadas tendrán que demostrar su habilidad para organizar misiones de exploración pioneras con tripulaciones humanas, que resulten seguras y funcionen de acuerdo con los plazos establecidos, así como con los presupuestos. Si pudiéramos imaginar una misión así por menos de cien mil millones de dólares y en un plazo desde su aprobación a su lanzamiento de menos de quince años, quizá fuera factible. (En términos de coste, ello representaría solamente una fracción de los presupuestos espaciales civiles anuales de las naciones que hoy disponen de programas para el espacio.) Contando con freno aerodinámico, combustible y oxígeno para el viaje de vuelta fabricados a partir del aire de Marte, ahora parece que un presupuesto y un plazo de tiempo como los mencionados podrían ser verdaderamente realistas.

Cuanto más barata y más rápida sea la misión, mayores riesgos debemos estar dispuestos a asumir en lo que respecta a las vidas de los astronautas y cosmonautas de a bordo. Pero tal como ilustran, entre los numerosos ejemplos existentes, los samurais del Japón medieval, siempre es posible encontrar voluntarios competentes para misiones altamente peligrosas, en lo que es percibido como una gran causa. No hay presupuesto ni plazo de tiempo que resulte fiable cuando nos proponemos llevar a cabo algo a tan gran escala, algo que no se ha hecho nunca antes. Y cuanto más margen pidamos, mayores serán los costes y más tiempo tardaremos en llegar. Hallar el compromiso adecuado entre factibilidad política y éxito de la empresa puede resultar una cuestión bastante delicada.

El hecho de que algunos lo hayamos soñado desde pequeños o de que parezca el objetivo más lógico de exploración a largo plazo no basta para justificar una expedición a Marte. Si estamos hablando de gastar todo ese dinero, deberemos justificar la inversión.

Hoy tenemos planteados otros problemas –necesidades nacionales claras y apremiantes– que no pueden ser solucionados sin la inversión de grandes sumas. Al mismo tiempo, el presupuesto federal discrecional se halla preocupantemente constreñido. La eliminación de venenos químicos y radiactivos, la eficacia energética, las alternativas a los carburantes fósiles, el declive de las tasas de innovación tecnológica, el colapso de las infraestructuras urbanas, la epidemia del

SIDA, una endemoniada mezcla de cánceres, la indigencia, la malnutrición, la mortalidad infantil, la educación, el desempleo, la atención sanitaria... la lista es dolorosamente larga. Ignorarla pondría en peligro el bienestar de la nación. Un dilema similar se plantea en todas las naciones que tienen en marcha un programa espacial.

Buscar una solución para casi todas esas cuestiones podría costar cientos de miles de millones de dólares. Reparar la infraestructura costará varios billones de dólares. Las alternativas a la economía basada en los combustibles fósiles representan claramente una inversión mundial de varios billones, si es que podemos hacerlo. En ocasiones se nos dice que esos proyectos quedan más allá de nuestra capacidad de pago. ¿Cómo podemos entonces permitirnos el lujo de viajar a Marte?

Si el presupuesto federal de Estados Unidos (o los presupuestos de las restantes naciones de la carrera espacial) contara con un veinte por ciento más de fondos discrecionales, probablemente no tendría tantos cargos de conciencia a la hora de defender la oportunidad de una misión espacial tripulada con destino a Marte. Si, en cambio, dispusiera de un veinte por ciento menos de fondos, no creo que ni el más obcecado entusiasta de la aventura espacial se atreviera a abogar por una misión así. A buen seguro existe algún punto en que la economía nacional está atravesando tan terribles apuros que mandar personas a Marte resulta cuando menos inmoral. La cuestión es dónde debe colocarse el límite. Porque está claro que existe un límite, y todos y cada uno de los participantes en estos debates deberían estipular dónde debe situarse ese límite, qué fracción del producto nacional bruto dedicada al programa espacial lo transgrede. Y me gustaría que hiciéramos lo mismo con la partida de «defensa».

Las encuestas de opinión pública demuestran que muchos ciudadanos americanos creen que el presupuesto de la NASA es prácticamente equivalente al de defensa. En realidad, la totalidad del presupuesto de la NASA, incluyendo misiones espaciales humanas y robóticas, así como la aeronáutica, alcanza apenas el cinco por ciento del presupuesto norteamericano de defensa. ¿Qué cantidad invertida en defensa puede decirse que debilita realmente al país? Incluso en el caso de que la NASA fuera eliminada de raíz, ¿liberaríamos los fondos necesarios para solventar nuestros problemas nacionales?

Los vuelos espaciales tripulados en general —por no hablar de las expediciones a Marte— podrían ser defendidos con mayor facilidad si —como en los argumentos de Colón y de Enrique el Navegante, en el siglo XV— llevaran implícito un aliciente lucrativo.

Aun así no les resultó fácil. El cronista portugués Gomes Eanes de Zurara recoge la siguiente afirmación del príncipe Enrique el Navegante: «Le pareció a su alteza el infante que si él o algún otro príncipe no hacían el esfuerzo para alcanzar ese conocimiento, no habría marinero ni mercader que se atreviera a intentarlo jamás, pues está claro que ninguno de ellos se molestaría nunca en navegar hasta un lugar que no alberga una esperanza segura de extraer provecho.»

Se han adelantado algunos argumentos. El entorno de elevado vacío y baja gravedad o de radiación intensa del espacio cercano a la Tierra podría utilizarse, se dice, para usos comerciales. Este tipo de propuestas quedan en entredicho ante la siguiente incógnita: ¿podrían fabricarse en la Tierra productos comparables o mejores, si los fondos que pudieran destinarse a su desarrollo fueran equivalentes a los que se asignan al programa espacial? A juzgar por las pobres sumas de dinero que las empresas se han mostrado dispuestas a invertir en estas tecnologías — aparte de las que se dedican a la construcción de cohetes y naves espaciales —, las perspectivas, al menos actualmente, no prometen demasiado.

La idea de que materiales raros pudieran estar disponibles en otros lugares queda mitigada al tratarse de grandes cargamentos. Por lo que sabemos, en Titán puede haber océanos de petróleo, pero transportarlo hasta la Tierra resultaría muy caro. Los metales preciosos del grupo del platino pueden ser abundantes en determinados asteroides. Si pudiéramos traer esos asteroides a orbitar la Tierra, quizá podríamos extraerlos convenientemente. Pero, al menos por cuanto hace a un futuro previsible, eso parece peligrosamente imprudente, como me propongo describir más adelante en este libro.

En su clásica novela de ciencia ficción *The man who sold the moon* («El hombre que vendió la Luna»), Robert Heinlein imaginó el motivo lucrativo como clave para los viajes espaciales. No había previsto, sin embargo, que la guerra fría vendería la Luna. Pero reconoció que un argumento lucrativo honesto sería difícil de encontrar. Por ello, Heinlein imaginó la superficie de la Luna salpicada de diamantes, para que futuros exploradores pudieran descubrirlos atónitos y desencadenar una «fiebre» del diamante. Entretanto, sin embargo, hemos traído muestras de la Luna y no hemos dado con ninguna pista que indique la presencia de diamantes de interés comercial.

No obstante, Kiyoshi Kuramoto y Takafumi Matsui, de la Universidad de Tokio, han estudiado cómo se formaron los núcleos centrales de hierro de la Tierra, Venus y Marte, y opinan que el manto (entre corteza y núcleo) de este último planeta debería ser rico en carbono, más rico que la Luna, Venus o la Tierra. A más de trescientos kilómetros de profundidad, las presiones deberían transformar el carbono en diamante. Sabemos que Marte ha estado geológicamente activo a lo largo de su historia. Los materiales que alberga su interior, a gran profundidad, habrían sido expulsados ocasionalmente hacia la superficie, y no solamente a través de los grandes volcanes. Así pues, sí parece posible que haya diamantes en otros mundos, si bien en Marte, no en la Luna. En qué cantidades, de qué calidad y tamaño y en qué lugares, no lo sabemos todavía.

El retorno a la Tierra de una nave espacial cargada de magníficos diamantes de muchos quilates provocaría, sin duda, la depreciación de dichas piedras (así como de las acciones de las corporaciones De Beers y General Electric). Pero dadas las aplicaciones ornamentales e industriales de los diamantes, quizá la caída de los precios se detuviera en un límite determinado. Es de suponer que las empresas afectadas darían con algún motivo para promocionar la exploración pionera de

Marte.

La idea de que los diamantes de Marte puedan pagar la exploración de dicho planeta constituye, en el mejor de los casos, una conjetura a muy largo plazo, pero es también un ejemplo de cuan raras y valiosas sustancias pueden llegar a descubrirse en otros mundos. Aun así, sería una locura fiarse de ese tipo de contingencias. Si lo que pretendemos es justificar las misiones a otros mundos, tendremos que encontrar otras razones.

Más allá de la discusión sobre ganancias y costes, incluso costes reducidos, debemos describir también los beneficios, si es que existen. Los defensores de las misiones humanas a Marte deben clarificar si, a largo plazo, las misiones que allí se dirijan tienen posibilidades de mitigar alguno de los problemas que nos acucian aquí. Consideremos el conjunto de justificaciones estándar y decidamos si las consideramos válidas, no válidas o preferimos no definirnos:

Las misiones humanas a Marte mejorarían de forma espectacular nuestro conocimiento del planeta, incluyendo la investigación acerca de su vida presente y pasada. Es probable que el programa incremente nuestra comprensión del entorno de nuestro propio planeta, como se ha empezado a vislumbrar gracias a las misiones robóticas. La historia de nuestra civilización demuestra que la búsqueda del conocimiento básico constituye la vía a través de la cual se han producido los descubrimientos prácticos más significativos. Las encuestas de opinión sugieren que la argumentación más popular en favor de la «exploración espacial» reside en «la mejora de los conocimientos». Pero ¿es necesaria la presencia de seres humanos en el espacio para alcanzar dicho objetivo? Las misiones robóticas, de concedérseles alta prioridad nacional y estar equipadas con inteligencia mecánica mejorada, me parecen perfectamente capaces de responder, tan bien como los astronautas, a todas las cuestiones que deseemos plantearles, y quizá tan sólo por un diez por ciento del coste.

Se aduce también que se producirán efectos secundarios —enormes beneficios tecnológicos que de otro modo no verían la luz—, gracias a los cuales se incrementará nuestra competitividad internacional y mejorará nuestra economía doméstica. Pero ése es un argumento trillado: «Gaste ochenta mil millones de dólares (en dinero contemporáneo) para enviar a los astronautas del *Apolo* a la Luna y le obsequiaremos con una estupenda paella antiadherente.» Francamente, si lo que buscamos son paellas, podemos invertir directamente el dinero y ahorrar casi la totalidad de esos ochenta mil millones de dólares.

El argumento es también engañoso por otras razones, una de las cuales radica en que la tecnología Teflon de la DuPont se adelantó notablemente a la misión Apolo. Lo mismo ocurre con el marcapasos cardíaco, el bolígrafo, el Velero y otros supuestos descubrimientos paralelos del programa Apolo. (En una ocasión tuve oportunidad de hablar con el inventor del marcapasos cardíaco, quien casi sufre un accidente coronario mientras me describía la injusticia de lo que él percibió como un intento de la NASA de acaparar el mérito que correspondía a su persona.) Si hay determinadas tecnologías que necesitamos con urgencia, mejor



gastar el dinero preciso para desarrollarlas. ¿Qué falta hace ir a Marte para conseguirlo?

Como es lógico, resultaría impensable que, con tanta tecnología nueva como requiere la NASA, no cayera de vez en cuando alguna migaja en la economía general, algunos inventos útiles aquí en casa. Por ejemplo, el zumo de naranja en polvo denominado Tang fue un producto del programa espacial tripulado, y también ha habido descubrimientos paralelos en el ámbito de los aparatos inalámbricos, los desfibriladores cardiacos implantados, los trajes con refrigeración líquida y la imagen digital, por mencionar unos cuantos. Pero éstos apenas justifican los viajes tripulados a Marte o la existencia de la NASA.

Podíamos ver el viejo motor del invento jadeando y resoplando en los días del declive de la Guerra de las Galaxias, en la era Reagan. «Los láser de rayos X movidos por bomba de hidrógeno en estaciones orbitales de combate contribuirán a perfeccionar la cirugía láser», nos vendían. Pero si necesitamos cirugía láser, si se trata de una importante prioridad nacional, aportemos de todos modos los fondos para desarrollarla. Dejemos aparte la Guerra de las Galaxias. La justificación por medio de los descubrimientos paralelos constituye un modo de admitir que el programa no se sostiene por sí solo, que no puede justificarse mediante el propósito por el que originalmente fue vendido.

En su día estaba bastante extendida la opinión, basada en modelos econométricos, de que por cada dólar invertido en la NASA se inyectaban muchos dólares en la economía norteamericana. Si este efecto multiplicador fuera más válido para la NASA que para la mayor parte de agencias gubernamentales, proporcionaría una potente justificación fiscal y social para el programa espacial. Los defensores de la NASA no fueron tímidos a la hora de echar mano de este argumento. No obstante, un estudio de 1994 de la Oficina de Presupuestos del Congreso reveló que eso era falso. Si bien es cierto que el gasto de la NASA beneficia a algunos sectores de producción de la economía norteamericana — especialmente a la industria aeroespacial —, no provoca un efecto multiplicador preferente. Asimismo, mientras el gasto de la NASA, ciertamente, crea o mantiene puestos de trabajo y ganancias, no lo hace de manera más eficaz que muchas otras agencias gubernamentales.

Luego está la educación, un argumento que, de vez en cuando, se ha revelado muy atractivo en la Casa Blanca. Los doctorados en ciencias alcanzaron un punto álgido en algún momento de la época del *Apolo 11*, quizá incluso durante la fase de divulgación, posterior al inicio del programa. Tal vez no quede demostrada la relación causa-efecto, aunque resulta plausible. Pero ¿y qué? Si estamos interesados en mejorar la educación, ¿acaso es viajar a Marte el camino idóneo para ello? Pensemos en lo que se podría hacer con cien mil millones de dólares dedicados a formación y salarios para el profesorado, a laboratorios y bibliotecas escolares, a becas para estudiantes de baja condición económica, a equipos de investigación y ayudas de posgrado. ¿Realmente es cierto que la mejor manera de promover la educación científica radica en viajar a Marte?

Otro argumento se basa en que las misiones humanas a Marte proporcionarán ocupación al complejo militar-industrial, diluyendo la tentación de emplear su considerable músculo político para exagerar amenazas externas y conseguir el incremento del presupuesto de defensa. La otra cara de esta particular moneda reside en que, viajando a Marte, mantenemos una capacidad tecnológica sostenida que podría ser importante en caso de futuras contingencias militares. Naturalmente, podríamos simplemente pedirles a esos chicos que hicieran algo directamente útil para la economía civil. Pero, como tuvimos ocasión de comprobar en los años setenta con los autobuses Grumman y los trenes regionales Boeing/Vertoil, la industria aeroespacial tiene auténticas dificultades para producir de forma competitiva para la economía civil. Ciertamente, un tanque puede cubrir 1500 kilómetros al año y un autobús 1500 kilómetros a la semana, de modo que sus diseños básicos deben ser distintos. No obstante, al menos en cuestiones de fiabilidad, el Departamento de Defensa parece ser mucho menos exigente.

La colaboración en el ámbito espacial, como he mencionado anteriormente, se está convirtiendo en un instrumento de cooperación internacional, por ejemplo en lo que se refiere al freno a la proliferación de armas estratégicas en naciones que todavía no las poseen. Los cohetes que dejaron de encargarse a causa del final de la guerra fría podrían ser provechosamente empleados en misiones a la órbita de la Tierra, la Luna, los planetas, asteroides y cometas. Pero todo ello puede conseguirse prescindiendo de los viajes tripulados a Marte.

Se brindan también otro tipo de justificaciones. Una de ellas es que la solución definitiva a los problemas energéticos del mundo pasa por extraer las reservas de la Luna, devolver a la Tierra el helio-3 implantado allí por el viento solar y utilizarlo en reactores de fusión. Pero ¿qué reactores de fusión? Aunque eso fuera posible, incluso si resultara rentable, se trata de una tecnología a cincuenta o cien años vista. Nuestros problemas energéticos deben ser solucionados a un ritmo menos ocioso.

Todavía más extraño resulta el argumento de que hemos de mandar seres humanos al espacio para solventar la crisis de la superpoblación. Resulta que cada día nacen nada menos que 250000 personas más de las que mueren, lo cual significa que tendríamos que lanzar al espacio 250000 personas diarias a fin de mantener la población mundial en sus niveles actuales. Parece que eso queda del todo fuera de nuestras posibilidades actuales.

Reviso la lista y trato de añadir pros y contras, teniendo en cuenta las demás demandas urgentes que contempla el presupuesto federal. En mi opinión, el razonamiento nos aboca hacia la pregunta siguiente: ¿puede la suma de gran número de justificaciones individualmente insuficientes resultar en una justificación suficiente?

No creo que ninguno de los puntos de mi lista de supuestas justificaciones pueda valer de forma demostrable quinientos mil o incluso cien mil millones de dólares, y a buen seguro no a corto plazo. Por otra parte, es evidente que la

mayoría de ellos valen algo, y si tengo cinco puntos, cada uno de los cuales pueda valer veinte mil millones de dólares, quizá llegue a los cien mil. Si lo hacemos bien a la hora de reducir costes y forjar una auténtica cooperación internacional, las justificaciones adquieren un peso mayor.

Hasta que se haya producido un debate nacional sobre el tema, hasta que tengamos una idea más clara de la razón de ser y de la relación coste/beneficio de las misiones humanas a Marte, ¿qué debemos hacer? Sugiero que persigamos la investigación y el desarrollo de proyectos que puedan justificarse por sus propios méritos o por su relevancia para alcanzar otros objetivos, pero que puedan a la vez contribuir a dichas misiones espaciales, por si más adelante nos decidimos a ponerlas en marcha. En una agenda así se incluiría:

- La presencia de astronautas norteamericanos en la estación espacial rusa *Mir*, con el fin de llevar a cabo vuelos conjuntos de duración gradualmente más larga, hasta alcanzar el objetivo de uno o dos años, el tiempo de vuelo hasta Marte.
- Configuración de la estación espacial internacional, de tal modo que su función principal sea el estudio de los efectos a largo plazo del entorno espacial sobre los seres humanos.
- Puesta en marcha prioritaria en la estación espacial internacional de un módulo de «gravedad artificial» rotatorio o atado para otros animales y posteriormente también para seres humanos.
- Intensificación de los estudios sobre el Sol, incluyendo la distribución de un grupo de sondas robot en órbita alrededor del mismo, a fin de controlar la actividad solar y proporcionar lo antes posible aviso a los astronautas acerca de los peligrosos «estallidos solares», eyecciones masivas de electrones y protones de la corona solar.
- Desarrollo multilateral y Estados Unidos/Rusia de la tecnología de cohetes *Energiya* y *Protón* para los programas espaciales norteamericanos e internacionales. Si bien es improbable que Estados Unidos dependa principalmente de una lanzadera soviética, *Energiya* proporciona aproximadamente la misma capacidad propulsora que el *Saturn V* que mandó a los astronautas del *Apolo* a la Luna. Estados Unidos dejó morir la línea de montaje del *Saturn V*, y ahora no resulta fácil resucitarla. La *Protón* es la lanzadera de grandes dimensiones más fiable actualmente en servicio. Y Rusia está deseosa de vender esta tecnología a cambio de moneda firme.
- Proyectos conjuntos con la NASDA (agencia espacial japonesa) y la Universidad de Tokio, con la Agencia Espacial Europea y con la Agencia Espacial Rusa, además de con Canadá y otras naciones. En la mayoría de los casos deberían establecerse consorcios igualitarios, y que no fuera Estados Unidos quien insistiera en lanzar las iniciativas. En lo que respecta a la exploración robótica de Marte, ya están funcionando programas de ese tipo. Para los vuelos humanos, la principal actividad es claramente la estación espacial internacional. Finalmente, podríamos incluir la puesta en marcha de

programas conjuntos para misiones planetarias simuladas en el nivel inferior de la órbita terrestre. Uno de los objetivos fundamentales de estos programas debería ser el desarrollo de una tradición de excelencia técnica cooperativa.

- Desarrollo tecnológico —empleando los elementos más avanzados en robótica e inteligencia artificial— de vehículos espaciales, globos y aviones para la exploración de Marte, y ejecución de la primera misión internacional de recogida de muestras en dicho planeta. Las naves espaciales robóticas necesarias pueden probarse en asteroides cercanos a la Tierra y en la Luna. Las muestras recogidas en regiones de la Luna cuidadosamente seleccionadas pueden analizarse para determinar su edad, y contribuir de manera fundamental a nuestra comprensión de la historia primitiva de la Tierra.
- Desarrollo de las tecnologías destinadas a fabricar combustible y oxidantes a partir de materiales de Marte. Una estimación, basada en un prototipo diseñado por Robert Zubrin y colegas en la Martin Marietta Corporation, apunta que varios kilos de suelo marciano pueden ser transportados automáticamente a la Tierra utilizando un modesto y fiable lanzador Delta, y además por cuatro chavos (comparativamente hablando).
- Simulaciones en la Tierra de viajes de larga duración a Marte, centradas en el estudio de potenciales problemas sociales y psicológicos. Enérgico fomento del desarrollo de nuevas tecnologías, como la velocidad de propulsión constante, para acortar en lo posible el viaje a Marte; ello puede resultar esencial si se determina que los peligros de la microgravedad o la radiación hacen demasiado arriesgados los vuelos de un año (o más) de duración.
- Estudio intensivo de los asteroides cercanos a la Tierra, que pueden proporcionar mejores objetivos de escalas de tiempo intermedias que la Luna.
- Mayor énfasis en la ciencia, incluyendo las ciencias básicas que subyacen a la exploración del espacio, y análisis concienzudo de los datos de que ya disponemos, tanto a cargo de la NASA como por parte de otras agencias espaciales.

Estas recomendaciones no suponen más que una fracción del coste total de una misión humana con destino a Marte y —extendidas a lo largo de toda una década y llevadas a cabo conjuntamente con otras naciones— tampoco representan más que una porción de los actuales presupuestos espaciales. No obstante, en caso de ponerlas en práctica, nos ayudarían a realizar minuciosas estimaciones de costes y una valoración más ajustada de los peligros y beneficios.

Nos permitirían, asimismo, mantener un vigoroso progreso en pos de las expediciones humanas a Marte, sin necesidad de asumir prematuramente compromisos respecto a ningún tipo de hardware específico para la misión. La mayor parte, tal vez todas esas recomendaciones, poseen otras justificaciones, aun para el caso de que estuviéramos seguros de no ser capaces de mandar seres humanos a ningún otro mundo durante las próximas décadas. Además, el eco constante de los logros que incrementen las posibilidades del viaje humano a Marte combatiría —al menos en las mentes de muchos— el extendido pesimismo

frente al futuro.

Pero hay algo más. Existe un conjunto de argumentos menos tangibles, muchos de los cuales, lo admito sin reservas, me parecen atractivos y resonantes. Los vuelos espaciales están relacionados con algo muy profundo que albergamos en nuestro interior muchos de nosotros, si no todos. Una perspectiva cósmica emergente, una mejorada comprensión de nuestro lugar en el universo, un programa muy notorio que afecta a nuestra visión de nosotros mismos y que podría clarificar la fragilidad de nuestro entorno planetario, y el peligro y responsabilidad común de todas las naciones y personas de la Tierra. Asimismo, las misiones humanas a Marte proporcionarían una perspectiva esperanzadora, rica en aventuras, para los espíritus viajeros de entre nosotros, especialmente para los jóvenes. Incluso la exploración indirecta reviste una utilidad social.

Me encuentro una y otra vez, cuando doy conferencias sobre el futuro del programa espacial –en universidades, empresas y grupos militares, así como organizaciones profesionales–, con que las audiencias tienen mucha menos paciencia ante los obstáculos prácticos, políticos y económicos del mundo real de la que tengo yo. Se muestran ansiosos por despejar todos los impedimentos, por recuperar los días de gloria del *Vostok* y del *Apolo*, por que se retome la cuestión y puedan pisarse de nuevo otros mundos. «Ya lo hemos hecho antes, podemos hacerlo de nuevo», no cesan de repetir. Pero me prevengo a mí mismo de que las personas que acuden a este tipo de conferencias suelen ser selectos entusiastas del espacio.

En 1969, menos de la mitad de la población norteamericana opinaba que el coste del programa *Apolo* valió la pena. No obstante, con ocasión del vigesimoquinto aniversario del aterrizaje en la Luna la cifra se había incrementado hasta los dos tercios. A pesar de los problemas, el 63 % de los ciudadanos norteamericanos valoran que la NASA ha llevado a cabo un trabajo entre bueno y excelente. En lo que se refiere a los costes, el 55 % de los preguntados (de acuerdo con una encuesta de CBS News) se mostraron a favor de que «Estados Unidos envíen astronautas a explorar Marte». Entre los jóvenes, la cifra alcanzaba el 68%. Me parece que «explorar» es la palabra clave.

No es casual que, a pesar de sus humanos defectos, y de lo moribundo que parece en la actualidad el programa espacial tripulado (una tendencia que la misión de reparación del telescopio espacial *Hubble* puede haber ayudado a invertir), los astronautas y cosmonautas todavía son unánimemente considerados héroes de nuestra especie. Una científica compañera mía me contaba un reciente viaje que realizó a la meseta de Nueva Guinea, donde visitó una tribu todavía en la edad de piedra que apenas había tenido contactos con la civilización. Ignoraban lo que son los relojes de pulsera, las bebidas refrescantes y los alimentos congelados. Pero conocían el *Apolo 11*. Sabían que los humanos han pisado la Luna. Les eran familiares los nombres de Armstrong, Aldrin y Collins. Estaban muy interesados en saber quién está visitando la Luna en nuestros días.

Los proyectos orientados al futuro que, pese a las dificultades políticas que

plantean, podrían completarse en alguna década lejana, constituyen recordatorios permanentes de que va a haber un futuro. El hecho de poner un pie en otros mundos nos susurra al oído que somos más que pictos, servios o tongas: somos humanos.

Los vuelos espaciales de exploración colocan las nociones científicas, el pensamiento científico y el vocabulario científico ante el ojo público. Elevan el nivel general de indagación intelectual. La idea de que ahora hemos comprendido algo que nunca había captado nadie con anterioridad, ese regocijo —especialmente intenso para los científicos implicados, pero perceptible para casi todo el mundo— se propaga en el seno de la sociedad, rebota en sus muros y regresa a nosotros. Nos estimula a solventar problemas de otros ámbitos, que tampoco habían hallado nunca solución. Incrementa el grado de optimismo de la sociedad. Da rienda suelta a esa clase de pensamiento crítico que tanto necesitamos, si queremos resolver temas sociales hasta ahora intratables. Contribuye a estimular a una nueva generación de científicos. A mayor presencia de la ciencia en los medios de comunicación —especialmente si se describen los métodos, las conclusiones y sus implicaciones— más sana es, según mi parecer, la sociedad. La gente de todas partes siente ansias de comprender.

Cuando era niño, mis sueños más exultantes se centraban en el hecho de volar, pero no mediante algún tipo de máquina, sino yo solito. Saltaba y saltaba, y poco a poco se iba elevando mi trayectoria. Cada vez tardaba más en regresar al suelo, hasta que me encontraba ya tan alto que no volvía a bajar. Luego descendía, como una gárgola en un nicho, sobre la cúspide de un rascacielos o me posaba suavemente sobre una nube. En el sueño —que debo haber tenido, en sus múltiples variaciones, al menos un centenar de veces— conseguir alzar el vuelo requería una determinada propensión mental. Resulta imposible describirlo con palabras, pero todavía hoy recuerdo cómo iba. Había que desencadenar algo dentro de la cabeza y en la boca del estómago, y entonces te elevabas únicamente mediante fuerza de voluntad; surcabas el aire, con las extremidades colgando flaccidamente.

Sé que muchas personas han tenido sueños similares. Quizá la mayoría de la gente. Tal vez debamos remontarnos diez millones de años atrás, cuando nuestros antepasados saltaban con elegancia de rama en rama, en los bosques primitivos. El deseo de volar como los pájaros motivó a muchos de los pioneros de la aviación, incluidos Leonardo da Vinci y los hermanos Wright. Quizá también eso forme parte del atractivo de los vuelos espaciales.

En órbita alrededor de cualquier mundo o en los vuelos interplanetarios somos literalmente ingravidos. Podemos propulsarnos hasta el techo de la nave con un leve impulso desde el suelo. Podemos ir dando tumbos en el aire siguiendo el largo eje del vehículo espacial. Los seres humanos experimentamos placer en estado de ingravidez; eso es algo en lo que coinciden prácticamente todos los astronautas y cosmonautas. Pero como las naves todavía son pequeñas y los «paseos» espaciales se han realizado con extremada precaución, ningún ser

humano ha podido todavía disfrutar de esta maravilla: autopropulsarnos mediante un impulso casi imperceptible, sin máquina alguna que nos dirija y sin ataduras, y elevarnos hacia el cielo, al negro espacio interplanetario. Nos convertiríamos así en un satélite viviente de la Tierra o en un planeta humano del Sol.

La exploración planetaria satisface nuestra inclinación por las grandes empresas, los viajes y la indagación, que nos ha acompañado desde nuestros días como cazadores y recolectores en las sabanas del este de África, un millón de años atrás. Por casualidad —pues es posible, afirmo yo, imaginar muchas marañas de causalidad históricas según las cuales esto no habría ocurrido—, en nuestra época podemos empezar de nuevo.

La exploración de otros mundos hace uso, precisamente, de las mismas cualidades de audacia, planificación, cooperación y coraje que encarnan lo más valorado en la tradición militar. Ya no se trata de aquella noche del lanzamiento de una nave *Apolo* con destino a otro mundo. Eso predetermina la conclusión. Basta con ser testigos del despegue, desde una plataforma adyacente, de unos cuantos F-14, verlos inclinarse graciosamente a izquierda y derecha, arder sus quemadores auxiliares, y súbitamente hay algo que nos arrebató, al menos a mí. Ningún tipo de conocimiento acerca de los potenciales abusos que puedan cometer las fuerzas de los portaaviones consigue afectar a la profundidad de ese sentimiento. Simplemente está apelando a otra parte de nosotros. No repara en recriminaciones ni consideraciones políticas. Sólo quiere volar.

«Yo... tenía la ambición no solamente de llegar más lejos de lo que nadie había llegado hasta entonces —escribió el capitán James Cook, el explorador del Pacífico del siglo XVIII—, sino de ir tan lejos como le fuera posible a un hombre.» Dos siglos más tarde, Yuri Romanenko, de regreso a la Tierra tras lo que entonces era el viaje espacial más largo de la historia, dijo: «El cosmos es un imán... Una vez has estado allí, sólo puedes pensar en la manera de volver a él.»

Incluso Jean-Jacques Rousseau, que no era entusiasta de la tecnología, se dio cuenta de ello:

Las estrellas se encuentran muy por encima de nosotros; necesitamos un saber preliminar, instrumentos y máquinas, que son como tantas inmensas escaleras que nos permiten acercarnos a ellas y ponerlas al alcance de nuestra comprensión.

«Las posibilidades futuras de los viajes espaciales», escribió el filósofo Bertrand Russell en 1959,

... que ahora están fundamentalmente reservadas a fantasías infundadas, podrían tratarse con mayor sobriedad sin dejar de ser interesantes y demostrarían, incluso al más intrépido de los jóvenes, que un mundo sin guerras no tiene que ser necesariamente un mundo carente de gloriosas aventuras y peligros.\* Esta clase de

---

\* Vale la pena destacar la frase de Russell: «gloriosas aventuras y peligros». Aunque fuéramos capaces de llevar a cabo vuelos espaciales tripulados libres de riesgos —y naturalmente no lo somos— ello podría resultar contraproducente. El peligro es un componente inseparable de la gloria.

competición no tiene límites. Cada victoria constituye solamente el prelude de otra, y a la esperanza racional no se le pueden poner fronteras.

A largo plazo, éstas –más que ninguna otra justificación «práctica» de las anteriormente comentadas– pueden ser las razones que nos impulsen a viajar a Marte y a otros mundos. Entretanto, el paso más importante que podemos dar hacia Marte estriba en progresar de manera significativa en la Tierra. Incluso mejoras modestas en lo que respecta a los problemas sociales, económicos y políticos que tiene planteados en la actualidad nuestra civilización global podrían liberar enormes recursos, tanto materiales como humanos, para destinarlos a otras metas.

Hay mucho trabajo doméstico por hacer aquí en la Tierra, y nuestro compromiso debe ser firme. Pero somos la clase de especie que precisa de una frontera, por razones biológicas fundamentales. Cada vez que la Humanidad se despereza y da la vuelta a una nueva esquina, recibe una sacudida de vitalidad productiva que puede impulsarla durante siglos.

Hay un mundo nuevo esperando en la esquina. Y nosotros sabemos cómo llegar a él.



# LA RUTINA DE LA VIOLENCIA INTERPLANETARIA

Es ley de la naturaleza que la Tierra y todos los demás cuerpos deben permanecer en los puestos que les corresponden, pudiendo ser desplazados de ellos solamente a través de la violencia.  
ARISTÓTELES, *Física* (384-322 a.J.C.)

Hay una anécdota curiosa en torno a Saturno. Cuando en 1610 Galileo utilizó el primer telescopio astronómico del mundo para contemplar dicho planeta —por aquel entonces, el mundo más distante conocido—, descubrió que tenía dos apéndices, uno a cada lado. Él los comparó con dos «asas». Otros astrónomos los llamaron «orejas». El cosmos encierra multitud de maravillas, pero un planeta con asas de tinaja es demasiado. Galileo se fue a la tumba sin que se hubiera resuelto este extraño misterio. A medida que fueron pasando los años, los observadores se dieron cuenta de que las orejas... bueno, crecían y menguaban. Finalmente, quedó claro que lo que había descubierto Galileo era un anillo extraordinariamente delgado que rodea a Saturno por su ecuador, sin tocar el planeta en ningún punto. Algunos años, debido a las cambiantes posiciones orbitales de la Tierra y Saturno, se había visto el anillo de perfil y, dada su extremada finura, daba la impresión de que había desaparecido. Otros años, en cambio, había sido observado más de cara y las «orejas» parecían más grandes. Pero ¿qué significa que haya un anillo alrededor de Saturno? ¿Un delgado disco sólido, plano, con un agujero en medio para que cupiera el planeta? ¿Cómo se explicaba una cosa así?

Esta línea de indagación nos lleva rápidamente a las colisiones que despedazan mundos, a dos peligros notablemente distintos para nuestra especie, y a razonar que —además de por los motivos ya descritos— para nuestra propia supervivencia es necesario que tomemos posiciones ahí afuera, entre los planetas.

Hoy sabemos que los anillos (enfáticamente en plural) de Saturno se componen de una vasta horda de minúsculos mundos, cada uno de ellos en su propia órbita, cada uno ligado a Saturno por la gravedad del gigantesco planeta. En lo que a sus medidas se refiere, estos retazos de mundo van desde finas partículas de polvo hasta alcanzar el tamaño de una casa. Ninguno es lo suficientemente grande como para ser fotografiado, ni siquiera en acercamientos muy próximos. Espaciados

formando un exquisito conjunto de finos círculos concéntricos, algo así como los surcos de un disco (aunque, en realidad, claro está, tienen forma espiral), los anillos fueron captados por primera vez en toda su majestuosidad por las dos naves espaciales *Voyager*, en sus encuentros exteriores de 1980-1981. En nuestro tiempo, los anillos Art decó de Saturno se han convertido en un icono del futuro.

En una reunión científica, a fines de los años sesenta, fui requerido para resumir los problemas más destacados en el ámbito de la ciencia planetaria. Uno, sugerí yo, era la cuestión de por qué de entre todos los planetas solamente Saturno poseía anillos. Esa, según puso posteriormente de manifiesto el *Voyager*, era una cuestión baladí. *Los cuatro* planetas gigantes de nuestro sistema solar —Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno— poseen anillos. Pero en aquel momento nadie lo sabía.

Cada sistema de anillos tiene sus características distintivas. El de Júpiter es fino y está hecho principalmente de partículas oscuras muy pequeñas. Los brillantes anillos de Saturno, por su parte, se componen básicamente de agua helada; en este caso se observan miles de anillos separados, algunos retorcidos, con extrañas marcas negruzcas en forma de radio generándose y disipándose. Los oscuros anillos de Urano parecen estar compuestos de carbono elemental y moléculas orgánicas, algo así como carbón de leña y hollín; Urano posee nueve anillos principales, unos pocos de los cuales parecen a veces «respirar», pues se expanden y se contraen. Los anillos de Neptuno son los más finos de todos, variando tanto en espesor que, cuando se detectan desde la Tierra, aparecen solamente como arcos y círculos incompletos. Muchos anillos parecen mantenerse por los tirones gravitatorios de dos lunas errantes, una un poco más cerca y la otra un poco más lejos del planeta que el anillo. Cada sistema de anillos presenta, pues, su propia belleza sobrenatural.

¿Cómo se forman los anillos? Una posibilidad son las mareas: si un mundo errante transita junto a un planeta, el hemisferio más cercano del intruso es más atraído gravitatoriamente por el planeta que su cara alejada; en caso de que se acerque lo suficiente, si su cohesión interna fuera baja, puede que se hiciera literalmente añicos. Ocasionalmente podemos contemplar cómo ocurre eso a los cometas cuando pasan demasiado cerca de Júpiter, o del Sol. Otra posibilidad, que se puso de manifiesto a partir del reconocimiento efectuado por el *Voyager* del sistema solar exterior, es la siguiente: los anillos se forman cuando los mundos colisionan y las lunas son hechas trizas. Ambos mecanismos pueden haber jugado su papel.

El espacio entre los planetas es atravesado por una esporádica colección de cuerpos errantes, cada uno de ellos en órbita alrededor del Sol. Algunos son tan grandes como un condado entero o incluso como un estado, mientras que otros muchos presentan áreas de superficie comparables a la de un pueblo o ciudad. Se encuentran mayor cantidad de mundos pequeños que grandes, y la gama llega hasta el ínfimo tamaño de las partículas de polvo. Algunos de ellos viajan en largas trayectorias elípticas que los llevan periódicamente a cruzar la órbita de uno o más planetas.

A veces, desafortunadamente, hallan un mundo en su camino. La colisión puede destrozar y pulverizar a ambos, al intruso y a la luna que sufre el impacto (al menos la zona del territorio directamente debajo de la explosión). Los escombros resultantes —eyectados de la luna, pero que no se mueven con la rapidez suficiente como para escapar de la gravedad del planeta— pueden crear, temporalmente, un nuevo anillo. Éste estará formado por el material que componía los dos cuerpos que entraron en colisión, pero normalmente contiene en mayor medida materiales de la luna que del objeto errante que provocó el impacto. Si los cuerpos que colisionan son mundos helados, el resultado se concretará en anillos de partículas de hielo; si están formados por moléculas orgánicas, se originarán anillos de partículas orgánicas (que lentamente serán procesados por la radiación para formar carbono). Toda la masa en los anillos de Saturno no excede a la que resultaría de la pulverización completa por impacto de una única luna helada. La desintegración de lunas pequeñas puede, asimismo, ser la causa de los sistemas de anillos de los otros tres planetas gigantes.

A menos que se encuentre muy cercana a su planeta, una luna diseminada va reaccumulándose de forma gradual (o al menos lo hace una fracción importante de la misma). Las piezas, grandes y pequeñas, próximas a la órbita en que se hallaba la luna antes del impacto, se van reagregando sin orden ni concierto. Lo que antes era un pedazo de núcleo ahora se encuentra en la superficie y viceversa. La mezcolanza resultante puede tener un aspecto muy original. Miranda, una de las lunas de Urano, tiene una apariencia desconcertantemente accidentada y puede haber tenido ese origen.

El geólogo planetario norteamericano Eugene Shoemaker propone que muchas lunas del sistema solar exterior fueron aniquiladas y formadas de nuevo, no sólo en una, sino en numerosas ocasiones cada una, a lo largo de los 4500 millones de años desde que el Sol y los planetas se condensaron a partir de gas y polvo interestelar. La imagen que emerge del reconocimiento que efectuó el *Voyager* del sistema solar exterior es la de una serie de mundos, cuyas plácidas y solitarias vigilias son espasmódicamente interrumpidas por intrusos del espacio; de colisiones devastadoras de mundos, y de lunas formándose de nuevo a partir de los escombros, renaciendo como aves fénix a partir de sus propias cenizas.

No obstante, una luna que vive junto a un planeta no puede volver a formarse si ha sido pulverizada, pues las mareas gravitatorias del mismo lo impiden. Los escombros resultantes, una vez diseminados en el interior de los sistemas de anillos, pueden ser muy duraderos, al menos si lo comparamos con la duración estándar de una vida humana. Tal vez muchas de las pequeñas e indiscernibles lunas que hoy orbitan a los planetas gigantes evolucionarán un día hasta formar vastos y hermosos anillos.

Estas ideas se apoyan en la apariencia de gran número de satélites del sistema solar. Fobos, la luna interior de Marte, presenta un gran cráter denominado Stickney; Mimas, una luna interior de Saturno, posee también uno de grandes dimensiones llamado Herschel. Estos cráteres —al igual que los que posee nuestra

propia Luna y los que se encuentran por todo el sistema solar — fueron producidos por colisiones. Un intruso choca contra un mundo más grande y provoca una inmensa explosión en el punto de impacto. Ésta excava un cráter en forma de ensaladera y el objeto más pequeño implicado en la colisión queda destruido. Si los intrusos que formaron los cráteres Stickney y Herschel hubieran sido solamente algo más grandes, habrían tenido energía suficiente para romper en pedazos Fobos y Mimas. Esas lunas escaparon por los pelos a las destructivas consecuencias de la bola cósmica de derribos. Muchas otras no tuvieron tanta suerte.

Cada vez que un mundo recibe un impacto, queda en el espacio un intruso menos; es algo así como un concurso de demolición a la escala del sistema solar, una guerra de desgaste. El mismo hecho de que se hayan producido muchas de estas colisiones significa que los pedazos de mundo errantes se han consumido en una cantidad elevada. Los que viajan en trayectorias circulares alrededor del Sol, los que no cruzan las órbitas de otros mundos, es poco probable que lleguen a chocar nunca contra un planeta. Pero los que siguen trayectorias muy elípticas, los que sí atraviesan las órbitas de otros planetas, tarde o temprano colisionarán o, tras escapar por los pelos a ese destino, serán eyectados gravitacionalmente fuera del sistema solar.

Se tiene prácticamente la certeza de que los planetas se acumularon a partir de pedazos de mundo que, a su vez, se habían condensado a partir de una gran nube plana de polvo y gas que rodeaba al Sol, el mismo tipo de nube que hoy se observa alrededor de estrellas jóvenes cercanas. Así pues, en la historia primitiva del sistema solar, antes de que las colisiones despejaran el panorama, tuvo que haber muchísimos más mundos de los que hoy podemos ver.

En realidad, tenemos pruebas inequívocas de ello delante de nuestras propias narices: si contamos los cuerpos intrusos en el espacio de nuestro vecindario, podemos estimar con qué frecuencia chocarán con la Luna. Supongamos muy modestamente que la población de intrusos nunca ha sido más pequeña de lo que es en la actualidad. Podemos entonces calcular cuántos cráteres debería haber en la Luna. El número que obtenemos resulta ser muy inferior al número de cráteres que, efectivamente, vislumbramos en las devastadas mesetas de la Luna. La inesperada profusión de cráteres sobre la Luna nos habla de una época primitiva en la que el sistema solar atravesaba un período de inusitada agitación, revolviéndose en la abundancia de mundos con trayectorias de colisión. Y ello tiene perfecto sentido, pues precisamente se formaron a partir de la agregación de trozos de mundo más pequeños, los cuales asimismo habían crecido a partir del polvo interestelar. Cuatro mil millones de años atrás, los impactos lunares eran cientos de veces más frecuentes que hoy; y 4500 millones de años atrás, cuando los planetas estaban todavía incompletos, las colisiones se producían quizá mil millones de veces más a menudo que en nuestra sosegada época actual.

El caos pudo haber sido mitigado por muchos más flamantes sistemas de anillos que los que adornan los planetas en la actualidad. Si éstos poseían en esa época pequeñas lunas, es posible que la Tierra, Marte y los demás planetas pequeños

estuvieran provistos de anillos.

La explicación más satisfactoria en relación con el origen de nuestra propia Luna, basada en su composición química (revelada por las muestras que aportaron las misiones Apolo), sostiene que se formó hace casi 4500 millones de años, cuando un mundo del tamaño de Marte colisionó con la Tierra. Gran parte del manto rocoso de nuestro planeta quedó reducido a polvo y gas calientes, y salió disparado al espacio. Posteriormente, algunos de los escombros, en órbita alrededor de la Tierra, fueron reaccumulándose gradualmente, átomo por átomo, roca por roca.\* Si ese desconocido mundo causante del impacto hubiera sido solamente un poco más grande, el resultado habría sido la destrucción total de la Tierra. Puede que en otras épocas hubiera otros mundos en nuestro sistema solar –quizá incluso mundos con presencia de vida– que sufrieron el impacto de algún endemoniado objeto celeste, fueron demolidos por completo y no ha quedado de ellos el menor indicio.

Por consiguiente, la imagen del sistema solar primigenio que paulatinamente va dibujándose, en nada se parece a una solemne procesión de eventos destinados a formar la Tierra. En su lugar, parece que nuestro planeta se originó y sobrevivió por una afortunada casualidad, en medio de increíbles escenas de violencia. Nuestro mundo no parece haber sido esculpido por un maestro en el arte. Una vez más, no existen indicios de un universo hecho para nosotros.

La provisión cada vez menor de pedazos de mundo recibe hoy en día distintas denominaciones: asteroides, cometas, lunas pequeñas. Pero se trata de categorías arbitrarias, los auténticos trozos de mundo son capaces de quebrar estas clasificaciones concebidas por el hombre. Algunos asteroides (la palabra significa «parecidos a las estrellas», aunque desde luego no lo son) son rocosos, otros metálicos y aún hay otros ricos en materia orgánica. Ninguno supera los mil kilómetros de diámetro. Se alojan principalmente en un cinturón entre las órbitas de Marte y Júpiter. Los astrónomos pensaban en su día que los asteroides del «cinturón principal» eran los restos de un mundo demolido, pero, tal como he descrito, hoy parece estar más en boga otra idea: el sistema solar estuvo una vez lleno de mundos similares a los asteroides, algunos de los cuales formaron los planetas. Únicamente en el cinturón de asteroides, cerca de Júpiter, las mareas gravitatorias de este planeta más masivo impidieron que los escombros adyacentes se unieran para formar un mundo nuevo. Los asteroides, en lugar de representar a un mundo que alguna vez existió, parecen ser los bloques constructivos de un mundo destinado a no existir nunca.

De tamaño inferior a un kilómetro puede que existan varios millones de asteroides, pero en ese enorme volumen de espacio interplanetario, incluso esa cantidad es demasiado insignificante para plantear un peligro serio a las naves espaciales de camino hacia el sistema solar exterior. Los primeros asteroides del cinturón principal, Gaspra e Ida, fueron fotografiados, en 1991 y 1993

---

\* De no haber sido así, quizá hoy habría otro planeta, más cerca o más lejos del Sol, sobre el cual otros seres bastante distintos estarían intentando reconstruir sus orígenes.

respectivamente, por la nave *Galileo* en su sinuoso viaje a Júpiter.

Los asteroides del cinturón principal suelen, en su mayor parte, quedarse en casa. Para investigarlos, estamos obligados a ir a visitarlos, tal como hizo *Galileo*. Los cometas, por su parte, acuden en ocasiones a hacernos una visita, como hizo el cometa Halley muy recientemente, en 1910 y 1986. Los cometas están compuestos básicamente de hielo, además de roca y material orgánico en cantidades mucho menores. Cuando se calientan, el hielo se vaporiza formando las largas y hermosas colas, desplazadas hacia atrás por el viento solar y la presión de la luz del Sol. Tras pasar varias veces junto al Sol, el hielo se ha evaporado por completo, dejando en ocasiones tras de sí un mundo muerto de roca y materia orgánica. Otras veces las partículas que quedan, habiendo desaparecido el hielo que las mantenía unidas, se esparcen por la órbita del cometa, generando un sendero de escombros alrededor del Sol.

Cada vez que un fragmento de masa cometaria del tamaño de un grano de arena penetra en la atmósfera de la Tierra a gran velocidad, se quema, produciendo una momentánea estela de luz que los observadores terrestres denominan meteorito esporádico o bien «estrella fugaz». Algunos cometas que están desintegrándose poseen órbitas que cruzan la de la Tierra. Por ello, cada año, la Tierra, en su permanente circunnavegación del Sol, se sumerge también en cinturones de escombros cometarios orbitales. Tenemos entonces ocasión de presenciar una lluvia de meteoros, o incluso una tormenta de meteoros, durante la cual los cielos resplandecen con las partes del cuerpo de un cometa. Por ejemplo, la lluvia de meteoros Perseidas, que puede observarse cada año hacia el 12 de agosto, procede de un cometa moribundo llamado Swift-Tuttle. Pero la belleza de una lluvia de meteoros no debe llamarnos a engaño: hay un continuo que conecta a esos resplandecientes visitantes de nuestros cielos nocturnos con la destrucción de mundos.

Algunos asteroides sueltan de vez en cuando pequeñas emanaciones de gas o incluso forman temporalmente una cola, lo cual sugiere que se hallan en fase de transición entre la condición de cometa y asteroide. Algunas lunas pequeñas que giran alrededor de los planetas son probablemente cometas o asteroides capturados; las lunas de Marte y los satélites exteriores de Júpiter pueden pertenecer a esta categoría.

La gravedad se encarga de pulir cualquier cosa que sobresalga demasiado. Pero solamente en cuerpos muy grandes resulta suficiente como para provocar el colapso de montañas y otras proyecciones bajo su propio peso, redondeando los contornos del mundo en cuestión. Y verdaderamente, cuando contemplamos sus formas, casi siempre nos encontramos con que los pedazos de mundo de pequeñas dimensiones son deformes, irregulares, en forma de patata.

Hay astrónomos cuya idea de lo que es pasar un buen rato consiste en permanecer en vela hasta el amanecer de una fría noche sin luna, tomando fotos del cielo, el mismo cielo que fotografiaron el año anterior... y también el anterior a éste. «Si ya les había salido bien la última vez, ¿por qué lo repiten?», podríamos

preguntarnos. La respuesta es que el cielo cambia. En cualquier año dado puede haber cuerpos celestes completamente desconocidos, nunca vistos hasta entonces, que se acerquen a la Tierra, y que pueden ser espiados por esos pertinaces observadores.

El 25 de marzo de 1993, un grupo de cazadores de cometas y asteroides, contemplando la cosecha fotográfica de una noche intermitentemente nubosa en el monte Palomar, en California, descubrieron en la película una pálida mancha alargada. Se encontraba cerca de un objeto muy brillante en el cielo, el planeta Júpiter. Carolyn y Eugene Shoemaker y David Levy pidieron entonces a otros observadores que le echaran un vistazo. La mancha resultó ser algo asombroso: unos veinte pequeños objetos brillantes orbitando alrededor de Júpiter, uno detrás de otro, como perlas en un collar. Colectivamente reciben el nombre de cometa Shoemaker-Levy 9 (ésta es la novena ocasión en que estos colaboradores descubren juntos un cometa periódico).

No obstante, llamar cometa a esos objetos puede inducir a equívoco. Había todo un enjambre de los mismos, probablemente los fragmentados restos de un solo cometa que hasta ahora no ha sido descubierto. Orbitó en silencio alrededor del Sol durante cuatro mil millones de años antes de pasar demasiado cerca de Júpiter y ser capturado, posiblemente unas cuantas décadas atrás, por la gravedad del planeta más grande del sistema solar. El 7 de julio de 1992 fue despedazado por las mareas gravitatorias del mismo.

Debemos conceder que la cara interior de un cometa de estas características sería atraída hacia Júpiter con algo más de fuerza que la exterior, pues lógicamente la primera se halla más cercana al planeta que la segunda. La diferencia del tirón es ciertamente pequeña. Nuestros pies se encuentran algo más cerca del centro de la Tierra que nuestra cabeza, pero ello no es motivo para que la gravedad de la Tierra nos rompa en pedazos. Para que la marea ocasionara tal grado de destrucción, el cometa original debía de estar muy débilmente cohesionado. Pensamos que antes de la fragmentación era una masa muy poco compacta de hielo, roca y materia orgánica, de unos diez kilómetros de diámetro, aproximadamente.

La órbita de este cometa destruido pudo determinarse con gran precisión. Entre el 16 y el 22 de julio de 1994 todos los fragmentos cometarios, uno tras otro, colisionaron con Júpiter. Las piezas más grandes tenían al parecer unos pocos kilómetros de diámetro. Sus impactos contra dicho planeta fueron espectaculares.

Nadie sabía de antemano qué efectos iban a tener sobre la atmósfera y las nubes de Júpiter esos múltiples impactos. Tal vez los fragmentos cometarios, rodeados de halos de polvo, eran mucho más pequeños de lo que parecían. O quizá ni siquiera eran cuerpos cohesionados, sino que presentaban una mínima consistencia, algo así como un montón de gravilla con todas sus partículas viajando juntas por el espacio en órbitas prácticamente idénticas. Si alguna de estas posibilidades era cierta, Júpiter se tragaría los fragmentos sin dejar rastro. Otros astrónomos defendían la opinión de que, como mínimo, iban a formarse resplandecientes bolas de fuego y penachos gigantescos cuando los fragmentos cometarios se

sumergieran dentro de la atmósfera del planeta. Y aun otro grupo sugería que la densa nube de finas partículas que acompañaba los fragmentos del cometa Shoemaker-Levy 9 hacia el planeta Júpiter destruiría su magnetosfera o bien formaría un nuevo anillo.

Se calcula que un cometa de estas dimensiones debe impactar con Júpiter solamente una vez cada mil años. No se trataba del acontecimiento astronómico de una vida, sino de una docena. Desde la invención del telescopio no ha ocurrido nada de tal envergadura. De modo que, a mediados de julio de 1994, en un esfuerzo científico internacional muy bien coordinado, telescopios de toda la Tierra y también del espacio enfocaron Júpiter.

Los astrónomos tardaron más de un año en prepararse. Se efectuó una estimación de la trayectoria de los fragmentos en su órbita alrededor de Júpiter y se descubrió que todos ellos iban a chocar con el planeta. Se refinaron también las predicciones en cuanto al momento en que el evento debía producirse. La decepción fue grande cuando los cálculos revelaron que todos los impactos tendrían lugar en el hemisferio nocturno de Júpiter, la cara invisible desde la Tierra (aunque accesible a las naves *Galileo* y *Voyager* en el sistema solar exterior). Felizmente, no obstante, todas las colisiones se producirían sólo pocos minutos antes del amanecer joviano, antes de que la zona impactada fuera trasladada por la rotación de Júpiter hasta la línea visual desde la Tierra.

Llegó y pasó el momento calculado para el impacto de la primera pieza, el fragmento A. No hubo informes de los telescopios basados en la Tierra. Los científicos planetarios contemplaban con creciente desaliento un monitor de televisión que reproducía los datos transmitidos por el telescopio espacial Hubble al Instituto de Ciencias Telescópicas de Baltimore. No se veía nada anormal. Los astronautas del transbordador dejaron momentáneamente de lado la reproducción de las moscas de la fruta, de los peces y de las salamandras para observar Júpiter a través de sus binoculares. Según informaron, no percibían nada extraño. El impacto del milenio empezaba a adquirir visos de fiasco monumental.

De pronto se recibió un informe del telescopio óptico de La Palma, en las islas Canarias, seguido de varios avisos procedentes de un radiotelescopio en Japón; también llegaron noticias del observatorio Europeo del Sur, en Chile, así como de un instrumento de la Universidad de Chicago, ubicado en los helados páramos del polo sur. En Baltimore, los jóvenes científicos que se agolpaban alrededor del monitor de televisión —siendo ellos mismos retransmitidos por las pantallas de la CNN— comenzaron a percibir algo y, además, en el lugar indicado de Júpiter. La consternación se tornó en perplejidad y luego en alborozo. Estaban como locos de contento, chillando y saltando sin parar. Amplias sonrisas se extendieron por la sala. Descorcharon el champán. Se trataba de un grupo de jóvenes científicos americanos —de aspecto tan sano como los integrantes del coro de una iglesia, y siendo mujeres alrededor de un tercio de los mismos, incluyendo a la líder del equipo, Heidi Hammel—, pero viéndolos, cabría imaginar a jóvenes de todo el mundo pensando que ser científico debe de ser divertido, una buena profesión o,



incluso, una vía de realización espiritual.

De casi todos los fragmentos, los observadores situados en algún punto de la Tierra vimos elevarse la bola de fuego, tan rápido y tan alto, que pudo ser contemplada a pesar de que la zona de impacto quedaba todavía en el lado oscuro de Júpiter. Los penachos ascendían y luego se aplanaban, quedando en forma de tortas. Percibimos también ondas gravitatorias y de sonido, extendiéndose a partir del punto de impacto, así como, en el caso de los fragmentos más grandes, un parche descolorido que alcanzaba la dimensión de la Tierra.

Chocando contra Júpiter a sesenta kilómetros por segundo (210000 kilómetros por hora), los fragmentos grandes convirtieron su energía cinética parcialmente en ondas de choque y parcialmente en calor. La temperatura en la bola de fuego fue estimada en miles de grados. Algunas de las bolas y penachos de fuego resplandecían más que todo el resto del planeta Júpiter.

¿Cuál podía ser la causa de las manchas oscuras que quedaban tras el impacto? Podría tratarse de materia de las nubes profundas de Júpiter —de la región generalmente no visible para los observadores terrestres— que emergió y se extendió. No obstante, los fragmentos no parecen haber penetrado a tanta profundidad. O quizá las moléculas responsables de las manchas se hallaran en los fragmentos cometarios desde el principio. Gracias a las misiones soviéticas *Vega 1* y *2* y a la misión Giotto de la Agencia Espacial Europea —ambas con destino al cometa Halley— sabemos que los cometas pueden estar compuestos hasta en una cuarta parte por moléculas orgánicas complejas. Ellas son la causa de que el núcleo del cometa Halley sea completamente negro. Si una parte de la materia orgánica cometaria sobrevivió a los sucesos de impacto, puede que fuera responsable de la mancha. O, finalmente, la mancha podría ser debida a materia orgánica no suministrada por los fragmentos cometarios que impactaron, sino sintetizada por sus ondas de choque a partir de la atmósfera de Júpiter.

La colisión de los fragmentos del cometa Shoemaker-Levy 9 con Júpiter fue presenciada en siete continentes. Incluso los astrónomos aficionados con telescopios pequeños pudieron contemplar los penachos y la subsiguiente decoloración de las nubes jovianas. Al igual que los eventos deportivos son cubiertos desde todos los ángulos por cámaras de televisión distribuidas por el campo de juego y también desde un dirigible que lo sobrevuela, seis naves espaciales de la NASA desplegadas por el sistema solar, con diferentes especialidades observacionales, registraron esta nueva maravilla: el telescopio espacial *Hubble*, el *International Ultraviolet Explorer*, y el *Extreme Ultraviolet Explorer* en la órbita terrestre; la nave *Ulysses*, robando tiempo a su investigación del polo sur del Sol; *Galileo*, de camino a su propio encuentro con Júpiter y el *Voyager 2*, situado ya mucho más allá de Neptuno, en su trayectoria hacia las estrellas. A medida que se van acumulando y analizando datos, nuestros conocimientos acerca de los cometas, de Júpiter y de las violentas colisiones de los mundos deberían mejorar de forma sustancial.

Para muchos científicos —pero especialmente para Carolyn y Eugene

Shoemaker y David Levy – había algo conmovedor en ese salto de los fragmentos cometarios, uno detrás del otro, a una muerte segura en Júpiter. Habían vivido con ese cometa, por decirlo de alguna manera, durante dieciséis meses, lo habían visto descomponerse, y habían contemplado cómo sus trozos, envueltos en nubes de polvo, jugaban al escondite y se diseminaban por sus órbitas. En cierto modo, cada fragmento tenía su propia personalidad. Ahora todos ellos se han desvanecido, convertidos en moléculas y átomos en las capas altas de la atmósfera del planeta más grande del sistema solar. En cierto modo sentimos pesar por ellos. Pero también aprendemos de sus valientes muertes. Nos reconforta saber que quedan todavía cientos de billones de ellos en el rico tesoro de mundos que representa el Sol.

Hay unos doscientos asteroides conocidos, cuyas trayectorias los llevan cerca de la Tierra. Son debidamente llamados «asteroides cercanos a la Tierra». Su apariencia detallada (como la de sus primos del cinturón de asteroides) indica de forma inmediata que son productos de una violenta historia colisional. Muchos de ellos pueden ser los fragmentos y restos de pedazos de mundo que habían sido más grandes.

Con algunas excepciones, los asteroides cercanos a la Tierra tienen solamente unos pocos kilómetros de diámetro o ni siquiera llegan a eso, y tardan entre uno y unos pocos años en efectuar su circuito alrededor del Sol. Un veinte por ciento de los mismos tienen posibilidades de colisionar tarde o temprano con nuestro planeta, con consecuencias devastadoras. (Pero en astronomía, la expresión «tarde o temprano» puede abarcar hasta miles de millones de años.) La aseveración atribuida a Cicerón de que «nada casual o fruto del azar» puede encontrarse en un cielo absolutamente ordenado y regular constituye un profundo error. Incluso hoy, tal como nos recuerda el encuentro del cometa Shoemaker-Levy con Júpiter, se produce rutinariamente violencia interplanetaria, aunque no a la escala que marcó la historia primitiva del sistema solar.

Al igual que los asteroides del cinturón principal, muchos asteroides cercanos a la Tierra están hechos de roca. Algunos son fundamentalmente de metal, y se ha sugerido que llevar uno de esos asteroides a orbitar la Tierra y explotar su minería de forma sistemática podría reservarnos una enorme recompensa, una montaña de metal de elevada pureza flotando a unos cientos de kilómetros sobre nuestras cabezas. Ya sólo el valor de los metales del grupo del platino que podría contener uno de esos mundos se ha estimado en varios billones de dólares, si bien está claro que su precio de mercado caería en picado, si aumentara de forma espectacular la oferta de este tipo de materiales. Se están estudiando métodos para extraer metales y minerales de los asteroides que lo permitan; por ejemplo, por John Lewis, un científico planetario de la Universidad de Arizona.

Algunos asteroides cercanos a la Tierra son ricos en materia orgánica, aparentemente preservada desde los mismos comienzos del sistema solar. Steven Ostro, del Laboratorio de Propulsión a Chorro, ha descubierto que algunos de esos asteroides son dobles, dos cuerpos en contacto. Tal vez un mundo más grande se

partiera en dos al pasar a través de las fuertes mareas gravitatorias de un planeta como Júpiter; más interesante todavía es la posibilidad de que dos mundos en órbitas similares sufrieran una leve colisión y quedaran pegados. Ese proceso pudo ser clave en la formación de los planetas y también de la Tierra. Al menos uno de los asteroides conocidos (Ida, visto por la nave *Galileo*) tiene su pequeña luna propia. Cabría suponer que dos asteroides en contacto y dos asteroides orbitándose el uno al otro poseen orígenes relacionados.

En ocasiones, se oye decir que un asteroide ha efectuado un «escape por los pelos». (¿Por qué lo llamamos «escape» cuando queremos decir «choque»?) Pero entonces leemos con mayor atención y resulta que lo más que se acercó a la Tierra fue a una distancia de cientos de miles o millones de kilómetros. Eso no cuenta, es demasiado lejos, incluso más que la Luna. Si dispusiéramos de un inventario de todos los asteroides cercanos a la Tierra, incluyendo los que son considerablemente más pequeños que un kilómetro de diámetro, podríamos proyectar sus órbitas en el futuro y predecir cuáles resultan potencialmente peligrosos para nosotros. Más grandes que un kilómetro de diámetro se estima que hay unos dos mil, de los cuales solamente hemos observado un reducido porcentaje. Mas grandes que cien metros de diámetro puede haber quizá unos doscientos mil.

Los asteroides cercanos a la Tierra llevan nombres mitológicos evocativos: Orfeo, Hator, Icaro, Adonis, Apolo, Cerbero, Kufu, Amor, Tántalo, Atena, Midas, RaSalom, Faetón, Tutatis, Quetzalcóatl. Unos cuantos ofrecen un potencial exploratorio especial, por ejemplo Nereo. En general, resulta mucho más fácil llegar a ellos y volver que ir y regresar de la Luna. Nereo, un mundo minúsculo de cerca de un kilómetro de diámetro, es uno de los más accesibles.\*

Supondría una auténtica exploración de un mundo verdaderamente nuevo.

Algunos seres humanos (todos ellos de la antigua Unión Soviética) ya han vivido en el espacio durante periodos superiores al tiempo que exigiría un viaje de ida y vuelta a Nereo. La tecnología de cohete necesaria para llevarlo a cabo existe ya. Se trata de un paso mucho más pequeño del que representaría viajar a Marte, o incluso, en ciertos aspectos, volver a la Luna. Sin embargo, si algo saliera mal, no podríamos regresar a la Tierra para ponernos a salvo en unos pocos días. En ese aspecto, su nivel de dificultad se sitúa en algún punto entre el viaje a Marte y el viaje a la Luna.

De las muchas posibles misiones futuras a Nereo, hay una que tarda diez meses en llegar desde la Tierra, pasa treinta días allí y luego requiere solamente tres semanas para regresar a casa. Podríamos visitar Nereo con robots o bien, si nos lo proponemos, con humanos. Podríamos examinar la forma, constitución, interior, historia pasada, composición química orgánica, evolución cósmica y posible relación con cometas de este pequeño mundo. Podríamos también traer muestras

---

\* El asteroide 1991 JW tiene una órbita muy parecida a la de la Tierra y es todavía más sencillo de alcanzar que el 4660 Nereo. No obstante, su órbita parece *demasiado* similar a la de la Tierra como para ser un objeto natural. Tal vez se trate de algún módulo superior del cohete Saturn V Apolo con destino a la Luna.

del mismo para analizarlas a placer en los laboratorios de la Tierra. Podríamos investigar si contiene realmente recursos de valor comercial —metales o minerales—. Si es que de verdad hemos de enviar alguna vez seres humanos a Marte, los asteroides cercanos a la Tierra proporcionan un objetivo intermedio conveniente y apropiado para probar los protocolos de equipamiento y exploración, al mismo tiempo que estudiamos un pequeño mundo desconocido, prácticamente, por completo. Sería una manera de calentar de nuevo los motores, cuando estemos dispuestos a enfilarse otra vez el océano cósmico.

# EL PANTANO DE CAMARINA

Ya es tarde para hacer mejoras ahora. El universo está concluido;  
la clave está en su sitio, y se han llevado en carro los escombros hace un  
millón de años.

HERMAN MELVILLE, *Moby Dick*, cap. 2 (1851)

Camarina era una ciudad del sur de Sicilia, fundada por colonos de Siracusa en el año 598 a J.C. Al cabo de una o dos generaciones, se vio amenazada por una epidemia de peste, incubada, según sostenían algunos, en un pantano adyacente. (Aunque, ciertamente, la teoría de la enfermedad por gérmenes no era aceptada de manera general, ya se apuntaban algunos indicios; por ejemplo, el aportado por Marcus Varro en el siglo 1 a. J.C, quien había advertido explícitamente en contra de construir ciudades en las proximidades de pantanos, «pues son caldo de cultivo de unas criaturas diminutas que nuestros ojos no pueden ver, pero que flotan en el aire y penetran en el cuerpo por la boca y la nariz, causando graves infecciones».) Un serio peligro acechaba, pues, a la ciudad de Camarina. Por ello se hicieron planes para drenar el pantano. Sin embargo, al consultar al oráculo, éste prohibió que se llevara a término tal resolución, aconsejando en su lugar paciencia. Pero como había vidas en juego, se decidió ignorar al oráculo y abordar el drenaje de la ciénaga. Pronto pudo contenerse la epidemia. Desgraciadamente ya era demasiado tarde cuando los habitantes de Camarina se dieron cuenta de que el pantano los había protegido hasta entonces de sus enemigos, entre los cuales debían contarse ahora sus primos, los ciudadanos de Siracusa. Como sucedería en América 2300 años después, los colonos se habían peleado con la madre patria. En el año 552 a. J.C, las fuerzas de Siracusa cruzaron las tierras secas, antes inundadas por el lodo, masacraron a hombres, mujeres y niños y arrasaron la ciudad. El pantano de Camarina se convirtió en un símbolo de cómo es posible que por eliminar un peligro se cree otro mucho peor.

La colisión del cretáceo-terciario (o colisiones, ya que pudo haber más de una) ejemplifica el peligro que representan los cometas y asteroides. A consecuencia de dicho impacto un fuego de dimensiones mundiales redujo a cenizas la vegetación por todo el planeta; una nube de polvo estratosférica oscureció el cielo, hasta tal punto que las plantas supervivientes tuvieron dificultades para seguir viviendo de la fotosíntesis; las temperaturas se tornaron gélidas en toda la Tierra, que se vio afectada por lluvias torrenciales de ácidos cáusticos, por una reducción masiva de la capa de ozono y, para colmo, cuando nuestro mundo se había curado ya de

tantas agresiones, sufrió un prolongado calentamiento a causa del efecto invernadero (pues, al parecer, el impacto principal volatilizó una profunda capa de carbonatos sedimentarios, liberando al aire enormes cantidades de anhídrido carbónico). No fue pues una catástrofe individual, sino un desfile de catástrofes, una concatenación de horrores. Los organismos que habían quedado debilitados por uno de los desastres sucumbieron al siguiente. No sabemos si nuestra civilización actual sobreviviría a una colisión de este tipo, aunque fuera considerablemente menos energética.

Al existir muchos más asteroides pequeños que grandes, por lo general las colisiones con la Tierra serán causadas por los primeros. Pero cuanto más tiempo estemos dispuestos a esperar, más devastador puede ser el impacto. Por término medio, una vez cada pocos cientos de años la Tierra es alcanzada por un objeto de unos setenta metros de diámetro; la energía liberada a consecuencia de la colisión equivale a la explosión del arma nuclear más potente que nunca se haya lanzado. Cada diez mil años nos golpea un objeto de doscientos metros, que podría provocar serias consecuencias climáticas regionales, y cada millón de años se produce el impacto de un cuerpo de más de dos kilómetros de diámetro, equivalente a casi un millón de megatonnes de TNT, una explosión que desencadenaría una catástrofe global, eliminando a una porción significativa de la especie humana (a menos que se tomaran precauciones sin precedentes). Un millón de megatonnes de TNT corresponden a cien veces la potencia explosiva de todas las armas nucleares que hay sobre el planeta, detonadas de forma simultánea. Y, dejando pequeña incluso a esa hecatombe, dentro de unos cien millones de años cabe esperar un suceso similar al del cretáceo-terciario, el impacto de un mundo de diez kilómetros de diámetro o aun mayor. La potencia destructiva latente en un asteroide cercano de grandes dimensiones pone en ridículo a cualquier artefacto que pueda inventar la especie humana. Como demostraron por primera vez el científico planetario americano Christopher Chyba y sus colaboradores, los asteroides o cometas pequeños, de algunas decenas de metros de diámetro, se rompen y carbonizan al penetrar en nuestra atmósfera. Comparativamente, la alcanzan con relativa frecuencia, pero no producen daños significativos. Tenemos alguna idea de con qué asiduidad penetran en la atmósfera de la Tierra, gracias a una serie de datos no clasificados del Departamento de Defensa, obtenidos por satélites especiales que controlan permanentemente nuestro planeta, en busca de explosiones nucleares clandestinas. Parece que en el transcurso de los últimos veinte años se han producido impactos de cientos de pequeños fragmentos de mundo (y al menos uno de un cuerpo más grande). No causaron daños, pero debemos estar muy seguros de que somos capaces de distinguir entre la colisión de un pequeño cometa o asteroide y una explosión nuclear en la atmósfera.

Los impactos amenazadores para nuestra civilización requieren cuerpos celestes de varios cientos de metros de diámetro, o más (cien metros viene a ser la longitud de un campo de fútbol). Estas colisiones se producen aproximadamente una vez

cada doscientos mil años. Nuestra civilización tiene solamente unos diez mil años de antigüedad, de modo que no hay razón para que conservemos en nuestra memoria institucional el último impacto de esas características. Y lo cierto es que no lo tenemos registrado.

La sucesión de violentas explosiones que provocó sobre Júpiter el cometa Shoemaker-Levy 9 en julio de 1994 nos recuerda que esa clase de colisiones ocurren realmente en nuestro tiempo, y que el impacto de un cuerpo de unos pocos kilómetros de diámetro puede diseminar escombros en un área tan grande como la Tierra. Fue una especie de premonición.

La misma semana del impacto del Shoemaker-Levy, el Comité para la Ciencia y para el Espacio de la Cámara de Representantes de Estados Unidos elaboró un proyecto de legislación que requiere a la NASA, «en coordinación con el Departamento de Defensa y las agencias espaciales de otros países», para que identifique y determine las características orbitales de todos los «cometas y asteroides de más de un kilómetro de diámetro» que se aproximen a la Tierra. El trabajo deberá estar concluido para el año 2005. Muchos científicos planetarios ya habían reivindicado anteriormente un programa de investigación de esas características. Pero fue necesario escuchar el grito agónico de un cometa para que por fin se llevara a la práctica.

Repartidos en el tiempo, los peligros de la colisión de asteroides no parecen demasiado preocupantes. Pero si se produjera un impacto de grandes proporciones ocasionaría una catástrofe sin precedentes para la Humanidad. Aproximadamente, existe una posibilidad entre dos mil de que se dé una colisión de esa envergadura durante la vida de un recién nacido actual. La mayoría de nosotros rehusaríamos volar en avión si las posibilidades de accidente afectaran a uno de cada dos mil vuelos. (En realidad, en vuelos comerciales, la posibilidad es una entre dos millones. Y aun así, son muchos los que consideran esa proporción suficiente como para preocuparse, o incluso para contratar una póliza de seguros.) Cuando nuestra vida está en juego, a menudo cambiamos de comportamiento para procurarnos unas circunstancias más favorables. Y entre los que no lo hacen se observa una mayor tendencia a que no se encuentren ya en este mundo.

Tal vez sería recomendable ir practicando la cuestión de cómo llegar a esos pedazos de mundo y apartarlos de sus órbitas, por si algún día se presentara la necesidad de hacerlo. A pesar de lo que dijera Melville, quedan todavía sueltas algunas de las fichas de la creación, y es evidente que hay que hacer algo al respecto. Siguiendo caminos paralelos y sólo levemente interconectados, la comunidad de la ciencia planetaria y los laboratorios norteamericanos y rusos de armas nucleares, conscientes de los escenarios antes descritos, han venido planteándose las siguientes cuestiones: cómo inspeccionar todos los objetos interplanetarios de grandes dimensiones cercanos a la Tierra, cómo caracterizar su naturaleza física y química, cómo predecir cuáles podrían encontrarse, en un futuro, en una trayectoria de colisión con la Tierra y, finalmente, cómo evitar que se produzca el impacto.

El pionero ruso de los vuelos espaciales Konstantin Tsiolkovsky sostuvo hace un siglo que debía de haber cuerpos de un tamaño intermedio entre los grandes asteroides observados y los fragmentos de asteroide –los meteoritos– que ocasionalmente se precipitan sobre la Tierra. En sus escritos apuntó la posibilidad de vivir en asteroides pequeños del espacio interplanetario. Él no contemplaba sus posibles aplicaciones militares. No obstante, a principios de los años ochenta, a algunos miembros de los círculos armamentísticos norteamericanos se les ocurrió que los soviets podían estar pensando en emplear asteroides cercanos a la Tierra como proyectiles de impacto; el presunto plan fue bautizado como «el Martillo de Iván». Había que tomar medidas preventivas de inmediato. Al mismo tiempo, se sugirió que quizá no fuera mala idea que Estados Unidos aprendiera también cómo utilizar pequeños mundos a modo de armas. La Organización de Defensa mediante Misiles Balísticos del Departamento de Defensa, sucesora de la oficina de la «Guerra de las Galaxias» de los ochenta, lanzó una innovadora nave con el nombre de *Clementine* a fin de que orbitara la Luna y se acercara al asteroide Geographos. (Tras completar un exhaustivo reconocimiento de la Luna, en mayo de 1994, la nave falló antes de poder alcanzar Geographos.)

En principio, cabe la posibilidad de hacerlo mediante motores de cohetes grandes, impactos por proyectil o equipando al asteroide con paneles reflectores gigantes y empujándolo a fuerza de luz solar o con potentes haces de láser desde la Tierra. No obstante, con la tecnología que en este momento tenemos a nuestro alcance, solamente hay dos maneras. La primera consistiría en que uno o más proyectiles nucleares de gran potencia hicieran estallar el asteroide o cometa en pedazos, que se desintegrarían y atomizarían al penetrar en la atmósfera de la Tierra. Si el pedazo de mundo ofensor sólo estuviera débilmente cohesionado, quizá unos pocos cientos de megatonnes bastarían. Como teóricamente no hay un límite superior para la potencia explosiva de un arma termonuclear, parece que en los laboratorios de fabricación de armas hay quien considera que hacer bombas aún más potentes no solamente constituye un desafío excitante, sino también un método para hacer cambiar de talante a los engorrosos defensores del medio ambiente, al conseguir que las armas nucleares ocupen un puesto en el carro de los abanderados del lema «Salvemos la Tierra».\*

Otra aproximación al problema, que se discute con mayor seriedad, resulta menos dramática, aunque contribuye igualmente a mantener el *establishment* armamentístico, y se concreta en un plan para alterar la órbita de cualquier cuerpo

---

\* El Tratado del Espacio Exterior, al cual están adheridos tanto Estados Unidos como Rusia, prohíbe el uso de armas de destrucción masiva en el «espacio exterior». La tecnología de desviación de asteroides constituye precisamente una de esas armas, pues es en realidad el arma de destrucción masiva más potente que jamás se haya diseñado. Los interesados en desarrollar dicha tecnología pretenderán que se revise el tratado. Pero aun en el caso de que éste no fuera modificado, si se descubriera un asteroide de grandes dimensiones cuya trayectoria revelara una futura colisión con la Tierra, es de suponer que las sutilezas de la diplomacia internacional no representarían ningún obstáculo. Sin embargo, si relajamos la prohibición de emplear dichas armas en el espacio, existe el peligro de que podamos volvernos menos atentos en lo que respecta al posicionamiento con propósitos ofensivos de cabezas nucleares en el espacio.



errante haciendo explotar armas nucleares en sus cercanías. Las explosiones (por lo general, en el punto más cercano del asteroide con el Sol) van encaminadas a desviarlo de la Tierra.

Una ráfaga de proyectiles nucleares de baja potencia, proporcionando cada uno un pequeño empujón en la dirección deseada, sería suficiente para desviar un asteroide de tamaño medio, recibándose el aviso con unas pocas semanas de antelación. El Método ofrece también, o al menos eso se espera, una solución para hacer frente a un cometa de largo periodo detectado de forma repentina en una trayectoria de inminente colisión con la Tierra: el cometa sería interceptado mediante un asteroide pequeño. (No hace falta decir que este juego de billar celeste resulta incluso más difícil e incierto –y por ello mucho menos práctico en un futuro próximo– que el acorralamiento, con meses o incluso años por delante, de un asteroide en una órbita conocida y que haga gala de buenos modales.)

Desconocemos los efectos que puede tener sobre un asteroide una explosión nuclear adyacente. La respuesta puede variar de unos a otros. Algunos pequeños mundos pueden ser muy compactos, mientras que otros constituyen poco más que pilas de gravilla con gravedad propia. Si una explosión quiebra, pongamos por caso, un asteroide de diez kilómetros en cientos de fragmentos de un kilómetro, la posibilidad de que al menos uno de ellos impacte con la Tierra se verá probablemente incrementada, y el carácter apocalíptico de las consecuencias no quedará atenuado. Por otra parte, si la explosión descompone el asteroide en multitud de objetos de cien metros de diámetro o menos, puede que todos ellos se desintegren como meteoritos gigantes al penetrar en la atmósfera de nuestro planeta. En ese caso causarían pocos daños por impacto. No obstante, aunque el asteroide resultara completamente pulverizado, la capa de polvo que se originaría a gran altura podría ser tan opaca como para bloquear la luz solar e inducir un cambio climático. Por el momento, desconocemos sus posibles consecuencias.

Hasta aquí se ha ofrecido una visión que coloca docenas o cientos de misiles nucleares a punto para hacer frente a asteroides o cometas amenazadores. Aun siendo prematura en esta aplicación concreta, esta visión resulta muy familiar; solamente ha cambiado el enemigo. También parece muy peligrosa.

El problema, según sugerimos Steven Ostro, del JPL, y yo, es que si somos capaces de desviar de forma fiable un cuerpo interplanetario amenazador para que no colisione con la Tierra, también podemos desviar con garantías un cuerpo inofensivo a fin de que impacte contra la Tierra. Supongamos que dispusiéramos de un inventario completo, con sus órbitas incluidas, de los trescientos mil asteroides cercanos que se estima tienen más de cien metros, cada uno de ellos lo suficientemente grande como para producir consecuencias serias en caso de colisión con nuestro planeta. Además, imaginemos que también obra en nuestro poder la lista de un número enorme de asteroides inofensivos, cuyas órbitas son susceptibles de ser alteradas mediante cabezas nucleares con el objetivo de que colisionen rápidamente con la Tierra.

Continuemos suponiendo que centramos nuestra atención en los

aproximadamente dos mil asteroides cercanos de un kilómetro o más de diámetro, es decir, los que presentan más probabilidades de causar una catástrofe global. En la actualidad, con sólo unos cien de esos objetos catalogados, nos llevaría cerca de un siglo seleccionar uno fácilmente desviable hacia la Tierra y alterar su órbita. Creemos que hemos encontrado uno, un asteroide todavía sin nombre, hasta ahora conocido como 1991 OA.

¿Cómo deberíamos llamar a ese mundo? Parece inadecuado bautizarlo con los nombres de las parcas, las furias o de Némesis, pues se halla enteramente en nuestras manos que haga o no blanco en la Tierra. Si no lo tocamos, errará el tiro. Si lo empujamos de forma precisa y certera, dará en el blanco. Quizá deberíamos llamarlo la «bola negra».

En el año 2070, este mundo, de cerca de un kilómetro de diámetro, se acercará a unos 4,5 millones de kilómetros de la órbita terrestre, solamente quince veces la distancia que nos separa de la Luna. Para desviar el 1991 OA de forma que impacte con la Tierra solamente es necesario detonar correctamente el equivalente a sesenta megatonnes de TNT, esto es, la cantidad correspondiente a un número habitualmente disponible de cabezas nucleares.

Ahora imaginemos que llega un momento, dentro de unas décadas, en que todos estos asteroides cercanos están debidamente inventariados con sus respectivas órbitas. Entonces, tal como hemos demostrado Alan Harris, del JPL, Greg Canavan, del laboratorio Nacional de Los Alamos, Ostro y yo mismo, puede que sólo nos lleve un año seleccionar un objeto adecuado, alterar su órbita y mandarlo a chocar contra la Tierra produciendo efectos cataclísmicos.

Toda la tecnología que requeriría una empresa así –grandes telescopios ópticos, detectores sensibles, sistemas de propulsión de cohetes capaces de poner en órbita unas pocas toneladas de carga y de efectuar un encuentro preciso en el espacio cercano, y armas termonucleares– ya existe en la actualidad. Y cabe esperar mejoras en todos esos factores, exceptuando quizá el último de ellos. Si no nos andamos con tiento, muchas naciones pueden disponer de esas capacidades en las próximas décadas. ¿Qué clase de mundo habremos logrado entonces?

Tenemos tendencia a minimizar los peligros de las nuevas tecnologías. Un año antes del desastre de Chernobyl, un ministro comisionado de la industria nuclear soviética fue preguntado sobre la seguridad de los reactores nucleares en su país, y eligió Chernobyl como un ejemplo de seguridad. El plazo medio de tiempo hasta el desastre, estimó confiado, era de cien mil años. Pero antes de que transcurriera un año... llegó la devastación. Similares garantías de seguridad fueron ofrecidas por contratistas de la NASA el año anterior al desastre del *Challenger*: según sus estimaciones, habría que esperar diez mil años para que se produjera un fallo de consecuencias catastróficas en el transbordador. Pero al cabo de un año... llegó la angustia.

Los clorofluorocarbonos (CFC) fueron específicamente desarrollados como un refrigerante ciento por ciento seguro, con la intención de reemplazar al amoníaco y otros refrigerantes que, al filtrarse, habían causado enfermedades y algunas

muertes. Químicamente inertes, no tóxicos (en concentraciones normales), inodoros, insípidos, no alergénicos y no inflamables, los CFC representan una brillante solución técnica para un problema práctico bien definido. Encuentran empleo en muchas otras industrias, aparte de la refrigeración y el aire acondicionado. Sin embargo, como he descrito anteriormente, los químicos que los desarrollaron pasaron por alto un hecho esencial: que el elevado grado de inercia de las moléculas garantiza que circulen hasta altitudes estratosféricas, donde son descompuestas por la luz solar liberando átomos de clorina que atacan la capa protectora de ozono. Gracias al trabajo de unos pocos científicos, puede que los peligros se hayan reconocido y prevenido a tiempo. Hoy los humanos hemos frenado prácticamente del todo la producción de CFC. No obstante, no sabremos si hemos conseguido evitar un perjuicio real hasta dentro de un siglo, más o menos; ése es el tiempo que tardará en completarse todo el daño que esos gases puedan haber causado. Al igual que los antiguos habitantes de Camarina, hemos cometido errores.

Naturalmente, la tecnología poderosamente devastadora que hemos inventado en los últimos tiempos nos ha acarreado un amplio abanico de otros problemas. Pero, en la mayoría de los casos, no se trata de desastres al estilo del de Camarina: malo si lo hacemos y malo si no lo hacemos. Son más bien dilemas de conocimiento o de plazo: por ejemplo, la equivocada elección, entre otras muchas alternativas posibles, de un refrigerante o principio físico para la refrigeración.

No sólo ignoramos con frecuencia los vaticinios de los oráculos, sino que por lo general ni siquiera nos molestamos en consultarlos.

La idea de traer asteroides a la órbita terrestre se ha revelado atractiva para algunos científicos espaciales y planificadores del futuro, que acarician la posibilidad de explotar los recursos minerales y de metales preciosos que puedan contener esos mundos o de proveer materiales para la construcción de infraestructura espacial sin necesidad de luchar con la gravedad terrestre para ir a buscarlos ahí arriba. Se han publicado artículos sobre cómo llevarlo a cabo y acerca de cuáles pueden ser los beneficios. En discusiones recientes se ha hablado de insertar el asteroide en órbita alrededor de la Tierra, haciéndolo pasar primero a través de la atmósfera terrestre, que lo frenaría, una maniobra con escaso margen de error. En mi opinión, para un futuro cercano debemos reconocer que todo ese esfuerzo resultaría extraordinariamente peligroso y arriesgado, en especial si se trata de cuerpos de metal de más de unas decenas de metros de diámetro. Es ése el tipo de actividad donde los errores de navegación, propulsión o diseño de la misión pueden acarrear las consecuencias más destructivas y catastróficas.

Los ejemplos precedentes ilustran el peligro que se derivaría de un descuido. Pero existe otro tipo de peligro: en ocasiones se nos intenta convencer de que no es posible que este o ese otro invento se utilicen de forma indebida. Se aduce que nadie sería tan temerario como para hacerlo. Es el típico argumento del «loco de la colina». Cada vez que lo escucho (y sale con frecuencia a colación en este tipo de debates), me recuerdo a mí mismo que los locos existen de verdad. En ocasiones

consiguen alcanzar las cotas más altas del poder en las naciones desarrolladas. Vivimos en el siglo de Hitler y de Stalin, tiranos que supusieron el más grave de los peligros, no solamente para la familia humana en general, sino también para su propia gente. Durante el invierno y la primavera de 1945, Hitler ordenó la destrucción de Alemania —«incluso lo más elemental para la supervivencia del pueblo»— porque los alemanes que todavía vivían le habían «traicionado» y eran muy «inferiores» a los que ya habían muerto. Si Hitler hubiera tenido a su disposición armas nucleares, la amenaza de un contragolpe de las armas nucleares aliadas, de haber sido posible, probablemente no le habría disuadido, sino al contrario, le habría espoleado.

¿Somos dignos los humanos de que nos sean confiadas tecnologías que amenazan nuestra civilización? Si la probabilidad de que gran parte de la población humana perezca a causa de un impacto en el siglo próximo es de casi una entre mil, ¿no es más probable que la tecnología de desvío de asteroides caiga en manos inapropiadas dentro de un siglo más; en manos de algún sociópata misantrópico, como Hitler o Stalin, deseoso de cargarse a todo el mundo, o de un megalomaniaco ansioso de «grandeza» y «gloria», de una víctima de la violencia étnica con afán de venganza, de alguien que se debate en las garras de un envenenamiento por testosterona inusualmente severo, de algún fanático religioso tratando de precipitar el día del Juicio Final o, simplemente, de técnicos incompetentes o insuficientemente vigilantes a la hora de manejar los controles y los dispositivos de seguridad? Realmente existe gente así. Los riesgos parecen mucho más importantes que los beneficios, el remedio peor que la enfermedad. La nube de asteroides cercanos a través de la cual avanza laboriosamente nuestro planeta puede constituir un pantano de Camarina moderno.

Es fácil pensar que el uso indebido sería altamente improbable, mera fantasía temerosa. Seguro que ganarían las mentes sobrias, nos diríamos. Pensemos en cuánta gente habría involucrada en la preparación y lanzamiento de las cabezas nucleares, en la navegación espacial, en la detonación de las bombas, en la comprobación de la perturbación nuclear que ha causado cada una de las explosiones, en la conducción del asteroide para que adopte una trayectoria de impacto con la Tierra, etcétera. ¿Acaso no es remarcable que, a pesar de que Hitler diera órdenes a las tropas nazis para que incendiaran París en su retirada y destruyeran la propia Alemania, éstas no fueran cumplidas? A buen seguro, alguien esencial para el éxito de la misión de desvío reconocería el peligro a tiempo. Aunque se asegurara que el proyecto iba encaminado a la destrucción de alguna vil nación enemiga, probablemente no se lo creerían, porque los efectos de la colisión son susceptibles de afectar al planeta entero (y, de todos modos, sería muy difícil asegurar que el asteroide fuera a excavar su cráter monstruo en una nación que lo tuviera particularmente merecido).

Pero ahora imaginemos, no un estado totalitario invadido por tropas enemigas, sino un floreciente estado independiente. Imaginemos una tradición en que las órdenes fueran cumplidas sin ser cuestionadas. Imaginemos que a las personas

implicadas en la operación se les contara una mentira encubridora: que el asteroide iba a colisionar con la Tierra y ellos debían desviarlo, pero, para no preocupar innecesariamente a la población, la operación debería llevarse a cabo en secreto. En un ambiente militar con una jerarquía de mandos firmemente establecida, distribución selectiva de la información, ocultación general y, además, una mentira encubridora, ¿podemos confiar en que la orden fuera desobedecida, por muy apocalíptica que pareciera? ¿Podemos estar seguros de que en las próximas décadas, siglos y milenios no va a suceder una cosa así? ¿Hasta qué punto?

Ni que decir tiene que todas las tecnologías pueden emplearse con fines benévolos y malévolos. Eso, desde luego, es verdad, pero cuando los fines «malévolos» alcanzan una escala lo suficientemente apocalíptica, quizás tengamos que poner límites al tipo de tecnologías que podemos desarrollar. (En cierto modo ya lo estamos haciendo, porque no podemos permitirnos llevarlas todas adelante. Algunas se ven favorecidas y otras no.) O, de otro modo, la comunidad de naciones deberá poner freno a los locos, a los autárquicos y al fanatismo.

La localización de cometas y asteroides es prudente, es un buen objetivo científico y no resulta demasiado cara. Pero, conociendo nuestras debilidades, ¿por qué íbamos ahora siquiera a considerar el desarrollo de la tecnología necesaria para desviarlos? En aras de la seguridad, ¿debemos imaginar esa tecnología en manos de muchas naciones, cada una de las cuales aportaría su dosis de control y equilibrio contra un mal uso de la misma por parte de otra? Esto no es comparable al viejo equilibrio nuclear del terror. Un loco que intente provocar una catástrofe global no va a echarse atrás por el hecho de saber que si no se da prisa, un rival puede cogerle la delantera. ¿Hasta qué punto podemos confiar en que la comunidad de naciones será capaz de detectar el desvío clandestino e inteligentemente diseñado de un asteroide con el tiempo suficiente como para evitarlo? En el caso de que se desarrollara una tecnología así, ¿podría establecerse una salvaguarda internacional que presentara un grado de fiabilidad acorde con el riesgo?

Aunque nos restringiéramos a una mera vigilancia, el riesgo persistiría. Imaginemos que dentro de una generación averiguamos las características de las órbitas de treinta mil objetos de cien metros de diámetro o más, y que esa información es hecha pública, como naturalmente debe ser. Se darían a conocer una serie de mapas, que reflejarían el negro espacio que rodea la Tierra con las órbitas de asteroides y cometas, treinta mil espadas de Damocles colgando sobre nuestra cabeza, diez veces más que el número de estrellas visibles a simple vista, en condiciones de óptima claridad atmosférica. La ansiedad pública sería mucho mayor en una época así, marcada por el conocimiento, que en nuestra actual época de ignorancia. Ello podría tener como consecuencia una insostenible presión del público para que se desarrollaran métodos destinados a mitigar amenazas, incluso imaginarias, que alimentarían por su parte el peligro de que se hiciera un mal uso de la tecnología de desvío de asteroides. Es por esa razón que la detección y seguimiento de asteroides puede no ser una mera herramienta neutral de la

política futura, sino más bien una trampa explosiva. Para mí, la única solución previsible estriba en una combinación de la estimación precisa de las órbitas, la valoración realista del factor amenaza y una educación pública efectiva, de tal forma que, al menos en los regímenes democráticos, los ciudadanos puedan tomar sus propias decisiones con toda la información a mano. Ésa es una tarea que corresponde a la NASA.

Los asteroides cercanos a la Tierra y los medios para alterar sus órbitas están siendo estudiados a fondo. Se observan algunos indicios de que los oficiales del Departamento de Defensa, así como los laboratorios de producción de armas, están empezando a comprender que «jugar» con los asteroides puede entrañar peligros reales. Científicos civiles y militares han mantenido reuniones para debatir la cuestión. Cuando la gente oye por primera vez alguna referencia al peligro que representan los asteroides, muchos lo consideran un cuento chino. «Ahora dicen que el cielo se nos va a caer encima», bromean. Esta tendencia a menospreciar cualquier catástrofe de la que no hayamos sido testigos presenciales resulta, a largo plazo, altamente imprudente. Pero en este caso puede ser un aliado de la prudencia.

Entretanto debemos enfrentarnos todavía al dilema del desvío.

Si desarrollamos y aplicamos la tecnología pertinente, puede liquidarnos. Si no lo hacemos, algún asteroide o cometa puede acabar con nosotros. La solución a este dilema radica, según mi parecer, en el hecho de que los plazos de tiempo que implican ambos peligros son enormemente distintos, corto para el primero y largo para el segundo. Deseo pensar que nuestra implicación futura en el tema de los asteroides cercanos se desarrollará más o menos de la siguiente manera: desde observatorios basados en la Tierra iremos descubriendo los más grandes, trazaremos y verificaremos sus órbitas, determinaremos sus frecuencias de rotación y su composición. Los científicos suelen ser diligentes a la hora de exponer los peligros, prescindiendo de exagerarlos o de modificar las perspectivas. Mandaremos naves espaciales robotizadas para que se acerquen a unos cuantos cuerpos seleccionados, los orbitaremos, tomaremos tierra en ellos y recogeremos muestras de sus superficies para analizarlas en los laboratorios de la Tierra. Finalmente, enviaremos seres humanos. (Debido a la baja gravedad reinante, los astronautas serán capaces de efectuar amplísimos saltos, de diez kilómetros o más, hacia el cielo, y poner en órbita una pelota de béisbol alrededor del asteroide sin más esfuerzo que lanzarla al aire.) Plenamente conscientes de los peligros, no intentaremos modificar las trayectorias de esos cuerpos hasta que el potencial de uso indebido de tecnologías que puedan alterar el mundo sea mucho menor. Eso puede llevarnos bastante tiempo.

Si somos demasiado rápidos en lo que se refiere al desarrollo de tecnologías para mover mundos a voluntad, podemos autodestruirnos; si somos demasiado lentos, nos destruiremos con seguridad. La fiabilidad de las organizaciones políticas mundiales tendrá que efectuar progresos significativos antes de que se les pueda confiar un problema tan serio. Al mismo tiempo, no parece que exista una

solución nacional aceptable. ¿Quién iba a dormir tranquilo sabiendo los medios para la destrucción del mundo en manos de una declarada (o incluso potencial) nación enemiga, tuviera o no la nuestra poderes comparables? La existencia de ese peligro de las colisiones interplanetarias, cuando es comprendido de manera generalizada, contribuye a unir a nuestra especie. Los humanos hemos conseguido proezas que todo el mundo creía imposibles cuando hemos tenido que enfrentarnos a un peligro común, hemos dejado de lado nuestras diferencias, al menos hasta que el peligro ha pasado.

No obstante, *este* peligro nunca queda atrás. Los asteroides, al agitarse gravitacionalmente, van alterando lentamente sus órbitas; sin previo aviso, nuevas cometas se acercan a nosotros tambaleándose desde la oscuridad transplutoniaca. Siempre estará presente la necesidad de ocuparnos de ellos mediante un procedimiento que no nos ponga en peligro. Al plantearnos dos clases distintas de riesgo —uno natural y el otro inducido por el hombre—, los pequeños mundos cercanos a la Tierra nos brindan una nueva y potente motivación para crear instituciones transnacionales eficaces y para unificar nuestra especie. Se hace difícil encontrar una alternativa satisfactoria.

Con nuestro nerviosismo habitual, con nuestra costumbre de dar siempre dos pasos adelante y uno atrás, nos dirigimos de todos modos hacia la unificación. Poderosas influencias emanan de la tecnología del transporte y de las comunicaciones, de la interdependiente economía internacional, así como de la crisis global del medio ambiente. El peligro de impacto solamente acelera el ritmo.

Al final, con cautela y escrupuloso cuidado de no intentar nada con asteroides que pudiera causar inadvertidamente una catástrofe en la Tierra, me imagino que iremos aprendiendo cómo modificar las órbitas de pequeños mundos no metálicos, de menos de cien metros de diámetro. Empezaremos con explosiones menores y, poco a poco, iremos incrementando su intensidad. Iremos ganando experiencia en la modificación de órbitas de cometas y asteroides de diferente composición y solidez. Intentaremos determinar cuáles pueden ser movidos y cuáles no. Tal vez hacia el siglo XXII seremos capaces de mover mundos pequeños por el sistema solar, empleando (*véase el capítulo siguiente*) no explosiones nucleares sino motores de fusión nuclear o sus equivalentes. Insertaremos en la órbita terrestre pequeños asteroides hechos de metales industriales y preciosos. Paulatinamente desarrollaremos una tecnología defensiva para desviar un asteroide o cometa de grandes proporciones que pudiera golpear la Tierra en un futuro previsible, al tiempo que, con meticuloso cuidado, vamos construyendo capas protectoras contra su uso indebido.

Dado que el peligro de la utilización incorrecta de la tecnología de desvío de asteroides parece mucho mayor que el de un impacto inminente, podemos permitirnos el lujo de invertir décadas, y probablemente siglos, en tomar precauciones y reformar las instituciones políticas. Si jugamos bien nuestras cartas y la suerte nos acompaña, podemos marcar el ritmo de lo que hacemos ahí arriba a través de los progresos que vamos efectuando aquí abajo. Ambas cosas se hallan,

en cualquier caso, profundamente conectadas.

La amenaza que representan los asteroides nos obliga a pasar a la acción. A la larga deberemos establecer una formidable presencia humana por todo lo largo y ancho del sistema solar interior. En un tema de tanta importancia no creo que nos contentemos con métodos de disuasión exclusivamente robóticos. Y, para llevarlo a cabo de forma segura, estamos obligados a efectuar cambios en nuestros sistemas políticos e internacionales. Si bien buena parte de nuestro futuro se vislumbra bastante encapotado, esta conclusión parece algo más robusta y es independiente de los caprichos de las instituciones humanas.

A largo plazo, aunque no seamos los descendientes de nómadas profesionales ni nos sintamos inspirados por la pasión exploratoria, algunos de nosotros tendremos que abandonar la Tierra, simplemente para garantizar la supervivencia de todos. Y, una vez nos encontremos ahí fuera, necesitaremos bases, infraestructuras. No habrá de transcurrir mucho tiempo para que algunos de nosotros vivamos en hábitats artificiales en otros mundos. Este es uno de los dos argumentos que faltaban –omitido en nuestra discusión de las misiones a Marte– en favor de la presencia humana en el espacio.

Otros sistemas planetarios deben hacer frente a su propia amenaza de impactos, ya que los mundos primordiales pequeños, de los cuales se consideran restos los cometas y asteroides, constituyen la materia a partir de la cual, también allí, se forman los planetas. Una vez formados dejan tras de sí muchos de esos corpúsculos celestes. En la Tierra, el plazo medio entre impactos que amenacen nuestra civilización es quizá de unos doscientos mil años, veinte veces su edad. En cambio, las civilizaciones extraterrestres, si es que existen, tendrán tiempos de espera muy diferentes, dependiendo éstos de factores como las características físicas y químicas del planeta y su biosfera, la naturaleza biológica y social de la civilización que en él haya florecido, así como la tasa de colisiones en sí. Los planetas con presiones atmosféricas más elevadas estarán, en cierto modo, protegidos de los cuerpos de impacto más grandes, aunque la presión tampoco puede ser mucho más elevada sin que el calentamiento por efecto invernadero y otras consecuencias hagan improbable la vida. Si la gravedad es mucho menor que la de la Tierra, los impactores provocarán colisiones mucho menos energéticas y el peligro se verá reducido, si bien no puede reducirse mucho sin que la atmósfera escape al espacio.

La tasa de impactos en otros sistemas planetarios permanece incierta. Nuestro sistema contiene dos grandes poblaciones de pequeños cuerpos que alimentan la presencia de potenciales impactores en órbitas que cruzan la de la Tierra. Tanto la existencia de las poblaciones de origen como los mecanismos que mantienen la tasa de colisiones dependen de cómo están distribuidos los mundos. Por ejemplo, nuestra Nube de Oort parece haberse poblado por eyecciones gravitatorias de fragmentos de mundo helados procedentes de las proximidades de Urano y Neptuno. En caso de que no existan planetas que jueguen el papel de Urano y Neptuno en sistemas que, por lo demás, son como el nuestro, sus Nubes de Oort



pueden estar mucho menos pobladas. Las estrellas en cúmulos estelares abiertos o globulares, las que se encuentran en sistemas dobles o múltiples, las que ocupan un lugar más cercano al centro de la galaxia o las que experimentan encuentros más frecuentes con las nubes moleculares gigantes en el espacio interestelar pueden tener, todas ellas, unos flujos de impacto más elevados en sus planetas terrestres. El flujo cometario en la Tierra podría ser cientos o miles de veces mayor si nunca se hubiera formado el planeta Júpiter, según cálculos de George Wetherill, de la Institución Carnegie de Washington. En sistemas que no poseen planetas como Júpiter, el escudo gravitacional contra cometas es reducido y los impactos amenazadores de la civilización mucho más frecuentes.

En cierta medida, los flujos elevados de objetos interplanetarios pueden incrementar el ritmo de la evolución de las especies, como en el caso de los mamíferos, que proliferaron y se diversificaron tras la colisión del cretáceo-terciario, que barrió a los dinosaurios de la faz de la Tierra. Pero debe de haber un punto de clara disminución del rendimiento: está claro que llega un momento en que el flujo es demasiado elevado para la continuación de cualquier tipo de civilización.

Una consecuencia de esta línea de argumentación es que, aunque las civilizaciones estuvieran surgiendo de forma habitual sobre los planetas por toda la galaxia, habrá muy pocas que sean a la vez duraderas y no tecnológicas. Dado que los peligros que plantean los asteroides y cometas deben afectar a los planetas habitados de toda la galaxia, los seres inteligentes de todas partes se verán obligados a unificar políticamente sus mundos, a abandonar sus planetas y a mover los mundos pequeños que los rodean. Al final habrán de elegir, como nosotros, entre los vuelos espaciales o la extinción.

# REMODELAR LOS PLANETAS

¿Quién puede negar que, en cierto modo, el hombre también sería capaz de fabricar Cielos si tuviera a su alcance los instrumentos y el material celestial?  
MARSILIO FONO, «El alma del hombre» (aprox. 1474)

En mitad de la segunda guerra mundial, un joven escritor americano llamado Jack Williamson imaginó un sistema solar habitado. Según su visión, en el siglo XXII Venus habría sido colonizada por China,\* Japón e Indonesia; Marte por Alemania; y las lunas de Júpiter, por Rusia. Las poblaciones de habla inglesa, la lengua en la que escribía Williamson, quedarían confinadas en los asteroides y, naturalmente, en la Tierra.

La historia, publicada en *Astounding Science Fiction* («Asombrosa ciencia ficción») en julio de 1942, se tituló *Collision Orbit* («Órbita de colisión») y fue escrita bajo el seudónimo de Will Stewart. El argumento giraba en torno a la inminente colisión de un asteroide inhabitado con uno colonizado y presentaba la búsqueda de un método para alterar las trayectorias de los mundos de pequeñas dimensiones. Si bien nadie en la Tierra corría peligro, ésta puede haber sido la primera visión —exceptuando algunas tiras de cómics publicadas en periódicos— de las colisiones de asteroides como amenaza para los seres humanos. (El peligro principal hasta entonces radicaba en los impactos de *cometas* contra la Tierra.)

Los entornos ambientales de Marte y Venus apenas se conocían a principios de los años cuarenta; todavía se suponía que los seres humanos podrían vivir allí sin necesidad de sofisticados equipos. Pero los asteroides eran harina de otro costal. Ya entonces era de sobra conocido que los asteroides eran mundos pequeños, áridos y asfixiantes. Si se pretendía habitarlos, sobre todo por gran número de personas, esos pequeños mundos deberían ser preparados de alguna manera.

En *Collision Orbit*, Williamson retrata a un grupo de «ingenieros espaciales» capaces de hacer habitables esos inhóspitos lugares. Acuñando un término especial, Williamson denominó «terraformación» al proceso de metamorfosis necesario para conseguir un mundo similar a la Tierra. El sabía que la baja

---

\* En el mundo real, los oficiales chinos del espacio están proponiendo, en la actualidad, poner en órbita, para el cambio de siglo, una cápsula con dos astronautas. Emplearía como propulsión un cohete Long March 2E modificado y sería lanzada desde el desierto de Gobi. Si la economía china exhibiera un crecimiento continuado, aunque sea moderado, mucho menor al crecimiento exponencial que ha marcado desde los comienzos hasta la mitad de la década de los noventa, China puede ser una de las primeras potencias espaciales del mundo hacia mediados del siglo XXI. O incluso antes.

gravidad en un asteroide significa que cualquier atmósfera allí generada o transportada escaparía rápidamente al espacio. Por ello, su tecnología clave para la «terraformación» era la «paragravedad», una gravedad artificial que lograría conservar una atmósfera densa.

Por cuanto hoy podemos decir, la paragravedad constituye una imposibilidad física. Pero podemos imaginar hábitats transparentes en forma de cúpula sobre la superficie de los asteroides, tal como sugirió Konstantin Tsiolkovsky, o bien comunidades establecidas en los interiores de esos cuerpos celestes, según propuso en los años veinte el científico británico J. D. Bernal. Al ser los asteroides de tamaño reducido y sus gravedades tan bajas, incluso masivas construcciones subterráneas podrían resultar comparativamente fáciles de crear. Si se excavara un túnel que atravesara el asteroide de parte a parte, se podría entrar por un extremo y salir por el otro al cabo de 45 minutos, oscilando indefinidamente arriba y abajo a lo largo de todo el diámetro de este mundo. En el interior del tipo de asteroide que nos conviene, el carbónico, pueden encontrarse los materiales apropiados para fabricar construcciones de piedra, metal y plástico, además de agua abundante, en definitiva, todo lo necesario para construir un sistema ecológico cerrado bajo tierra, un jardín subterráneo. Su ejecución requeriría dar un significativo paso más allá de lo que hoy tenemos, pero, a diferencia de la «paragravedad», la idea no contiene elementos cuyo desarrollo parezca imposible. Todos ellos pueden encontrarse en la tecnología contemporánea. Si tuviéramos motivos suficientes, un considerable número de seres humanos podría estar viviendo sobre (o dentro de) asteroides hacia el siglo XXII.

Naturalmente necesitarían una fuente de energía no sólo para mantenerse, sino también, como sugirió Bernal, para mover sus hogares asteroidales de un lugar a otro. (No parece que medie un paso tan grande entre la alteración por explosivos de las órbitas de asteroides y un método más suave de propulsión para uno o dos siglos después.) Si se generara una atmósfera de oxígeno mediante agua fijada químicamente, entonces podría quemarse materia orgánica para conseguir energía, como la obtenida actualmente en la Tierra al quemar combustibles fósiles. También podría considerarse la opción de la energía solar, aunque en el caso de los asteroides del cinturón principal la intensidad de la luz solar *alcanza* solamente alrededor de un diez por ciento de la que disfrutamos en la Tierra. Aun así, podríamos imaginar amplios campos de paneles solares cubriendo las superficies de los asteroides habitados y convirtiendo la luz solar en electricidad. La tecnología fotovoltaica se emplea habitualmente en las naves espaciales que orbitan la Tierra y, en la actualidad, se está incrementando su uso sobre la superficie terrestre. Pero mientras esa energía parece suficiente para calentar y alumbrar a estos descendientes nuestros, no bastaría para modificar las órbitas de asteroides.

Por ello, Williamson propuso que se empleara antimateria. La antimateria es igual que la materia normal, pero presenta una diferencia significativa. Consideremos, por ejemplo, el caso del hidrógeno: un átomo normal de hidrógeno

se compone de un protón cargado positivamente en el interior y un electrón cargado negativamente en el exterior. Un átomo de antihidrógeno se compone, en cambio, de un protón cargado negativamente en el interior y un electrón cargado positivamente (también llamado positrón) en el exterior. Los protones, sea cual sea el signo de sus cargas, tienen la misma masa al igual que los electrones. Las partículas con cargas opuestas se atraen. Un átomo de hidrógeno y un átomo de antihidrógeno son estables, pues en ambos casos las cargas eléctricas positiva y negativa mantienen el equilibrio.

La antimateria no es una construcción hipotética, producto de las ardientes meditaciones de los autores de ciencia ficción o de los físicos teóricos. La antimateria existe. Los físicos la consiguen en aceleradores nucleares; puede encontrarse también en rayos cósmicos altamente energéticos. Pero entonces, ¿por qué no se oye hablar más de ella? ¿Por qué nadie nos ha tendido un trozo de antimateria para que podamos inspeccionarla? Pues porque la materia y la antimateria se aniquilan violentamente una a otra al entrar en contacto, desapareciendo en un intenso estallido de rayos gamma. No podemos decir si una cosa está hecha de materia o de antimateria solamente con mirarla. Las propiedades espectroscópicas, por ejemplo, del hidrógeno y del antihidrógeno son idénticas.

La respuesta de Albert Einstein a la pregunta de por qué vemos solamente la materia y no la antimateria fue: «Porque venció la materia»; con ello quería decir que, al menos en nuestro sector del universo, después de que casi toda la materia y la antimateria entraran en interacción y se aniquilaran mutuamente mucho tiempo atrás, sobró algo de lo que llamamos materia normal.

De haber sido al revés, los seres humanos, y todo lo demás en esta parte del universo, estaríamos hechos de antimateria. Nosotros, claro está, lo llamaríamos materia, y la idea de que los mundos y la vida están hechos de esa otra clase de material, esa materia con las cargas eléctricas invertidas, la consideraríamos sin duda alocadamente especulativa.

Por lo que hoy sabemos, gracias a la astronomía de rayos gamma y otros métodos, el universo está compuesto, casi en su totalidad, de materia. La razón que lo explica va ligada a cuestiones cosmológicas profundas, en las que ahora no vamos a entrar. Pero solamente con que hubiera habido al principio una diferencia de una-partícula-sobre-un-billón en la preponderancia de la materia sobre la antimateria, incluso esa insignificante diferencia habría bastado para explicar el universo que vemos hoy.

Williamson imaginó que los humanos del siglo XXII podrían mover asteroides a su voluntad mediante la aniquilación mutua controlada de materia y antimateria. Los rayos gamma resultantes, alineados, rebasarían con mucho la potencia de un cohete. La antimateria estaría disponible en el cinturón principal de asteroides (entre las órbitas de Marte y Júpiter), pues era ésa su explicación para la *existencia* de dicho cinturón. En el pasado remoto, propuso Williamson, un antimundo intruso de antimateria llegó al sistema solar procedente de las profundidades del

espacio, y colisionó con lo que entonces era un planeta similar a la Tierra, el quinto desde el Sol, aniquilándolo. Los fragmentos de ese poderoso impacto son los asteroides, y algunos de ellos todavía están compuestos de antimateria. Aprovechando uno de esos asteroides de antimateria – aunque reconoció que ello podía ser bastante delicado – pueden moverse mundos a placer.

En su época, las ideas de Williamson eran futuristas, pero estaban muy lejos de ser descabelladas. Algunas partes de *Collision Orbit* pueden considerarse auténticamente visionarias. Hoy, sin embargo, tenemos buenas razones para pensar que en el sistema solar no existen cantidades significativas de antimateria, y que el cinturón de asteroides, lejos de ser un planeta terrestre fragmentado, es un enorme conjunto de pequeños corpúsculos a los que las mareas gravitatorias de Júpiter impiden formar un mundo similar a la Tierra.

No obstante, actualmente generamos (muy) pequeñas cantidades de antimateria en aceleradores nucleares y, hacia el siglo XXII, probablemente seremos capaces de fabricar cantidades mucho mayores. Como es tan eficaz – convierte toda la materia en energía,  $E = mc^2$ , con un ciento por ciento de eficacia –, quizá para entonces los motores de antimateria serán ya una tecnología práctica, reivindicando a Williamson.

A falta de eso, ¿qué fuentes de energía se puede esperar de forma realista que estén disponibles para remodelar asteroides, iluminarlos, calentarlos y moverlos de un lugar a otro?

El Sol brilla a base de apiñar protones y convertirlos en núcleos de helio. En el proceso se libera energía, si bien con una eficacia inferior al 1 por ciento de la que consigue la aniquilación entre materia y antimateria. Pero incluso las reacciones protón-protón se hallan mucho más allá de lo que sería realista imaginar para nosotros en un futuro próximo. Las temperaturas requeridas son, con mucho, demasiado elevadas. Sin embargo, en lugar de apiñar protones, podríamos emplear tipos de hidrógeno más pesados. Ya lo estamos haciendo en las armas termonucleares. El deuterio es un protón fijado por fuerzas nucleares a un neutrón; el tritio es un protón fijado por fuerzas nucleares a dos neutrones. Parece probable que dentro de un siglo contemos con proyectos energéticos prácticos que impliquen la fusión controlada del deuterio y del tritio, y del deuterio y el helio. El deuterio y el tritio se hallan presentes como constituyentes menores en el agua (en la Tierra y en otros mundos). El tipo de helio necesario para la fusión,  $^3\text{He}$  (dos protones y un neutrón conforman su núcleo), se ha ido implantando a lo largo de miles de millones de años sobre la superficie de los asteroides a cargo del viento solar. Estos procesos no son ni de lejos tan eficientes como las reacciones protón-protón en el Sol, pero podrían proporcionar suficiente energía para abastecer a una ciudad pequeña durante un año, mediante un filón de hielo de sólo unos pocos metros de tamaño.

Los reactores de fusión parecen estar progresando con excesiva lentitud como para poder jugar un papel importante en la solución, o al menos en una atenuación significativa, del calentamiento global. Pero hacia el siglo XXII podrían estar

ampliamente disponibles. Mediante motores de cohete por fusión será posible mover asteroides y cometas por el sistema solar interior, tomando un asteroide del cinturón principal, por ejemplo, e insertándolo en órbita alrededor de la Tierra. Un mundo de diez kilómetros de diámetro podría ser transportado, pongamos, desde Saturno hasta Marte mediante la combustión nuclear del hidrógeno contenido en un cometa helado de un kilómetro de diámetro. (Una vez más, doy por sentado un periodo de estabilidad política y seguridad mucho mayores.)

Dejemos de lado por un momento cualquier escrúpulo relacionado con cuestiones éticas que podamos albergar con respecto a la remodelación de mundos o a nuestra habilidad para hacerlo sin consecuencias catastróficas. Excavar los interiores de corpúsculos celestes, reconfigurarlos a fin de hacerlos habitables y moverlos de un lugar a otro por el sistema solar parece que puede estar a nuestro alcance dentro de un siglo o dos. Quizá para entonces contemos también con las garantías internacionales adecuadas. Pero ¿qué hay de la transformación de los entornos ambientales no de asteroides y cometas, sino de planetas? ¿Podríamos vivir en Marte?

Si quisiéramos hacer Marte habitable, es fácil llegar a la conclusión de que, al menos en principio, podríamos hacerlo: el planeta disfruta de abundante luz solar. Además posee también agua en cantidad en las rocas y en el subsuelo, así como hielo polar. Su atmósfera se compone principalmente de anhídrido carbónico. Por otra parte, la cercana Fobos cuenta con gran cantidad de materia orgánica, que podría ser extraída y suministrada a Marte. (De hecho, la superficie de Fobos ya está acanalada, como si alguien hubiera estado allí antes que nosotros, pero los geólogos planetarios piensan que las fuerzas de las mareas gravitatorias o la craterización por impacto pueden haber generado esos surcos.) Parece plausible que, en hábitats independientes –tal vez en habitáculos en forma de cúpula–, fuéramos capaces de producir cultivos, manufacturar oxígeno a partir del agua, así como de reciclar desperdicios.

Al principio dependeríamos de los suministros terrestres, pero con el tiempo los iríamos fabricando por nuestra cuenta y así, progresivamente, seríamos cada vez más autosuficientes. Los habitáculos en forma de cúpula dejarían pasar la luz solar, pero mantendrían a raya la luz ultravioleta aunque estuvieran hechos de cristal normal. Provistos de máscaras de oxígeno y trajes protectores –si bien nada tan incómodo y voluminoso como los trajes espaciales– podríamos salir de nuestros enclaves para ir de exploración o bien para construir otras ciudades y granjas bajo cúpulas.

Todo ello parece muy evocativo de la experiencia colonizadora americana, pero con al menos una diferencia importante: en sus primeras fases son esenciales grandes subvenciones. La tecnología necesaria para llevarlo a cabo es demasiado cara para que una familia modesta, como mis abuelos hace un siglo, pueda pagarse el pasaje a Marte. Los primeros pioneros marcianos serán enviados por los gobiernos y deberán demostrar aptitudes altamente especializadas. No obstante, dentro de una o dos generaciones, cuando hijos y nietos nazcan allí –

especialmente cuando esté a nuestro alcance la autosuficiencia— las cosas empezarán a cambiar. Los jóvenes nacidos en Marte recibirán una educación especial en relación con la tecnología esencial para la supervivencia en este nuevo entorno. Los colonizadores serán cada vez menos heroicos y menos excepcionales. Poco a poco se irá imponiendo toda la gama de cualidades y defectos de la especie humana. Gradualmente, en parte debido a la dificultad de trasladarse de la Tierra a Marte, irá emergiendo una cultura marciana diferenciada, con aspiraciones y temores distintos ligados al entorno, tecnologías distintas, problemas sociales distintos y soluciones diferentes y, tal como ha ocurrido en todas las circunstancias similares a lo largo de la historia humana, se irá imponiendo también una gradual sensación de alejamiento cultural y político con respecto al planeta madre.

Grandes naves de transporte de tecnología esencial llegarán desde la Tierra, así como nuevas familias de colonizadores y algunos recursos. Resulta difícil saber, sobre la base de nuestro limitado conocimiento de Marte, si esas naves volverán a casa de vacío o si se llevarán consigo algo que solamente puede encontrarse en Marte, algo considerado muy valioso en la Tierra. Inicialmente gran parte de la investigación científica de las muestras de la superficie marciana se realizará en nuestro planeta. Pero, con el tiempo, el estudio científico de Marte (y de sus lunas Fobos y Deimos) se efectuará in situ.

Finalmente, tal como ha ocurrido con virtualmente cualquier otro tipo de medio de transporte humano, el viaje interplanetario acabará siendo accesible a la gente corriente: podrán llevarlo a cabo científicos con sus propios proyectos de investigación, colonizadores hartos de la Tierra y también turistas aventureros. Y, naturalmente, habrá exploradores.

Si llegara alguna vez el día en que fuera posible transformar el entorno ambiental de Marte en un medio ambiente similar al de la Tierra —de tal modo que se pudiera prescindir de trajes protectores, máscaras de oxígeno y granjas y ciudades bajo cúpulas—, la atracción y accesibilidad de Marte se verían incrementadas de forma significativa. Lógicamente, lo mismo sucedería con cualquier otro mundo que pudiera ser transformado para que los humanos lo habitaran sin tener que usar complicados dispositivos, pensados para evitar un entorno planetario hostil. Nos sentiríamos mucho más cómodos en nuestro nuevo hogar si lo que nos separara de la muerte no fuera algo tan insignificante como una cúpula aislante o un traje espacial. (Aunque tal vez estoy exagerando el grado de preocupación que nos causaría tal circunstancia. De hecho, los habitantes de los Países Bajos parecen al menos tan adaptados y despreocupados como los demás habitantes de la Europa del norte; y eso que sus diques constituyen la única barrera que hay entre ellos y el mar.)

Admitiendo de antemano la naturaleza especulativa de la pregunta, así como las limitaciones de nuestros conocimientos, ¿tiene sentido imaginar la terraformación de los planetas?

No hace falta mirar más allá de nuestro propio mundo para darnos cuenta de que los seres humanos somos hoy capaces de alterar profundamente los entornos

medioambientales de un planeta. La reducción de la capa de ozono, el calentamiento global derivado de un creciente efecto invernadero y el enfriamiento global resultante de una hipotética guerra nuclear son maneras en que la tecnología actual es capaz de trastocar de forma significativa el entorno de nuestro mundo y, en todos los casos, se trata de una consecuencia inadvertida de llevar a cabo otra actividad. Si nos hubiéramos propuesto modificar nuestro entorno planetario, seríamos plenamente capaces de generar una alteración todavía mayor. A medida que nuestra tecnología vaya haciéndose más poderosa podremos poner en marcha cambios mucho más profundos.

No obstante, igual que en un aparcamiento en paralelo resulta más sencillo salir de nuestra plaza que entrar en ella, es más fácil destruir el entorno medioambiental de un planeta que reconducirlo hacia una serie de temperaturas, presiones, composiciones, etcétera, estrictamente prescritas. Conocemos ya una multitud de mundos desolados e inhóspitos y —con estrechos márgenes— solamente sabemos de uno verde y acogedor. Esta es una de las primeras y principales conclusiones de la era de exploración espacial del sistema solar. Al alterar la Tierra, o cualquier mundo que posea atmósfera, debemos tener muchísimo cuidado con las retroacciones positivas, por las que incidimos levemente sobre un entorno medioambiental y éste se dispara por su cuenta, un poco de enfriamiento que conduce a una glaciación incontrolable, como pudo ocurrir en Marte, o un poco de calentamiento que desencadena un desbocado efecto invernadero, como pudo ser el caso de Venus. No está claro en absoluto que nuestros conocimientos sean suficientes para llevar a cabo una empresa de tanta envergadura.

Por cuanto yo sé, la primera sugerencia en la literatura científica referente a la terraformación de planetas apareció en un artículo de 1961 que escribí sobre Venus. Yo estaba bastante seguro de que la superficie de Venus se encuentra a una temperatura que rebasa con creces el punto normal de ebullición del agua, y ello a consecuencia de un efecto invernadero por anhídrido carbónico/vapor de agua. Imaginé la posibilidad de sembrar sus nubes altas con microorganismos producidos genéticamente, que se encargarían de absorber  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$  de la atmósfera y convertirlos en moléculas orgánicas. Cuanto más  $\text{CO}_2$  extrajeran, menor sería el efecto invernadero y más fría la superficie. Los microbios serían transportados por la atmósfera hasta la superficie donde quedarían fritos, de tal modo que el vapor de agua pudiera regresar a la atmósfera; pero el carbono del  $\text{CO}_2$  sería irreversiblemente convertido en grafito o alguna otra forma no volátil del carbono a causa de las elevadas temperaturas. A la larga, las temperaturas caerían por debajo del punto de ebullición y la superficie de Venus se haría habitable, y aparecería salpicada de lagunas y lagos de agua caliente.

Esta idea fue pronto adoptada por un cierto número de autores de ciencia ficción en el baile continuo entre ciencia y ciencia ficción, en el cual la ciencia estimula a la ficción y la ficción a una nueva generación de científicos, un proceso que beneficia a ambos géneros. Pero, como paso siguiente en el baile, ahora ha quedado claro que sembrar Venus de microorganismos fotosintéticos especiales no



funcionaría. Desde 1961 hemos descubierto que las nubes de Venus se componen de una solución de ácido sulfúrico que convierte la posibilidad de aplicar ingeniería genética en un reto todavía mayor. Sin embargo, tal circunstancia no constituye en sí misma un inconveniente definitivo. (Existen microorganismos que viven en soluciones concentradas de ácido sulfúrico.) El inconveniente definitivo es el siguiente: Yo pensaba en 1961 que la presión atmosférica en la superficie de Venus era de unos pocos barios, algo superior a la presión en la superficie de la Tierra. Hoy sabemos, en cambio, que es de 90 barios, de modo que, aunque el invento funcionara, el resultado sería una superficie enterrada bajo cientos de metros de fino grafito y una atmósfera compuesta de 65 barios de oxígeno molecular casi puro. Queda abierta la incógnita de si primero implosionaríamos bajo esa aplastante presión atmosférica o bien si antes nos encenderíamos de forma espontánea y seríamos pasto de las llamas en medio de ese exceso de oxígeno. Pero, mucho antes de que pudiera acumularse todo ese oxígeno, el grafito volvería a quemarse espontáneamente para convertirse en CO<sub>2</sub>, frustrando todo el proceso. En el mejor de los casos, un procedimiento de este tipo podría acarrear sólo la terraformación parcial de Venus.

Supongamos que, a principios del siglo XXII, disponemos de vehículos para el transporte de cargas pesadas comparativamente económicos, de modo que podemos llevar grandes cargamentos hasta otros mundos; reactores de fusión abundantes y potentes, y también una ingeniería genética bien desarrollada. Las tres suposiciones entran dentro de lo probable, a juzgar por las tendencias actuales. ¿Podríamos abordar la terraformación de los planetas?

Jack Williamson, profesor emérito de inglés de la Universidad Oriental de Nuevo México, me escribió a sus ochenta y cinco años diciendo que estaba «sorprendido de comprobar lo lejos que ha llegado ya la ciencia» desde que él sugiriera por primera vez la terraformación. Estamos acumulando la tecnología que un día podrá hacerla posible, pero actualmente todo lo que tenemos son sugerencias, muchísimo menos revolucionarias que las ideas originales de Williamson.

James Pollack, del Centro de Investigación, Ames, de la NASA, y yo estudiamos este problema. He aquí un resumen de nuestras conclusiones:

VENUS: Claramente, el problema de Venus es su masivo efecto invernadero. Si pudiéramos reducirlo casi a cero, el clima resultante sería suave. Pero una atmósfera de 90 barios de CO<sub>2</sub> es opresivamente densa. Sobre cada cuadrado de superficie del tamaño de un sello de correos, el aire pesa tanto como seis jugadores profesionales de fútbol colocados uno encima de otro. Hacer desaparecer todo eso nos va a dar bastante quehacer.

Imaginemos que bombardeamos Venus con cometas y asteroides. Cada impacto se llevaría por delante algo de atmósfera. Pero hacerla desaparecer casi por completo requeriría agotar más asteroides grandes y cometas de los que existen, al menos en la porción planetaria del sistema solar. Aunque existiera esa enorme cantidad de potenciales proyectiles, aunque fuéramos capaces de lanzarlos todos

contra Venus (ésta sería la forma «supermegadestructiva» de abordar el problema de la amenaza de los impactos), pensemos en lo que habríamos perdido. Quién sabe qué maravillas, qué conocimientos prácticos podrían contener. Asimismo, borraríamos gran parte de la hermosa geología superficial de Venus, que precisamente ahora estamos empezando a comprender y puede enseñarnos muchas cosas acerca de la Tierra. Éste es un ejemplo de terraformación a lo bruto. Sugiero que prescindamos por completo de esos métodos, incluso si algún día podemos permitirnoslos (cosa que dudo mucho). Nos conviene algo más elegante, más sutil, más respetuoso con el medio ambiente de otros mundos. La solución microbiana tiene algunas de esas virtudes, pero no resuelve el problema, como ya hemos visto.

También cabe imaginar la pulverización de un asteroide oscuro y la diseminación del polvo por la atmósfera superior de Venus, o bien la extracción de ese polvo de la misma superficie del planeta. Ese sería el equivalente físico al invierno nuclear o al clima posterior al impacto del cretáceo-terciario. Si la luz solar que alcanza el suelo está lo suficientemente atenuada, la temperatura de la superficie debe caer. Pero por su propia naturaleza, esta opción sumiría a Venus en una profunda oscuridad, con niveles de luz diurna equiparables como mucho a los de una noche iluminada por la Luna sobre la Tierra. Por otra parte, la opresiva y aplastante atmósfera de 90 barios permanecería intacta. Dado que el polvo inyectado iría sedimentando con los años, la capa de polvo debería ser renovada en ese mismo plazo de tiempo. Puede que dicha opción fuera aceptable para misiones de exploración de corta duración, pero el entorno generado parece demasiado severo para el mantenimiento de una comunidad humana permanente sobre Venus.

Otra posibilidad sería emplear una sombra artificial gigante, en órbita alrededor de Venus, para enfriar su superficie, pero saldría extraordinariamente caro y además presentaría muchas de las deficiencias de la opción de la capa de polvo. Sin embargo, si se pudiera lograr que las temperaturas bajasen lo suficiente, el CO<sub>2</sub> de la atmósfera se precipitaría en forma de lluvia. Entonces se produciría un periodo transicional de océanos de CO<sub>2</sub> sobre Venus. Si se pudiera tapar luego esos océanos para evitar que se evaporasen —por ejemplo mediante océanos de agua conseguidos a base de fundir una gran luna de hielo, transportada desde el sistema solar exterior—, entonces es de suponer que podría separarse el CO<sub>2</sub> y Venus se convertiría en un planeta de agua (o de seltz poco gaseoso). También se ha sugerido convertir el CO<sub>2</sub> en rocas de carbonato.

En cualquier caso, todas estas propuestas para la terraformación de Venus insisten en el empleo de la fuerza bruta, son poco elegantes y absurdamente caras. La metamorfosis planetaria deseada podría estar fuera de nuestro alcance durante largo tiempo, aunque nosotros pensáramos que es deseable y responsable llevarla a cabo. La colonización asiática que Jack Williamson imaginó para el planeta Venus quizá tenga que ser reorientada hacia otro lugar.

MARTE: En el caso de Marte se nos presenta justamente el problema contrario.

No hay *suficiente* efecto invernadero. Ese planeta es un desierto helado. Pero el hecho de que Marte parece haber disfrutado de una gran profusión de ríos, lagos y quizá incluso océanos cuatro mil millones de años atrás —en una época en que el Sol era menos brillante de lo que es hoy— nos induce a preguntarnos si su clima no presenta algún tipo de inestabilidad natural, alguna reacción violenta que, una vez desencadenada, devolvería por sí sola al planeta a su pasado estado de clemencia climática. (Digamos desde el principio que actuar sobre el planeta significaría destruir los accidentes geológicos de Marte, que encierran datos clave sobre su pasado, especialmente el terreno polar laminado.)

Como muy bien sabemos por la Tierra y por Venus, el anhídrido carbónico es un gas de invernadero. En Marte hay minerales de carbonato, así como hielo seco en una de las capas polares. Podrían ser convertidos en gas CO<sub>2</sub>. No obstante, generar un efecto invernadero de escala suficiente como para conseguir temperaturas confortables sobre Marte requeriría revolver toda la superficie de Marte y procesarla hasta una profundidad de kilómetros. Aparte de los intimidatorios obstáculos que ello representaría para la ingeniería práctica —con energía de fusión o sin ella— y de los inconvenientes para cualquier sistema ecológico cerrado que los humanos hubieran podido establecer de antemano sobre el planeta, esta opción comportaría también la irresponsable destrucción de una fuente científica de primer orden, de la magnífica base de datos que ofrece la superficie de Marte.

Y ¿qué hay de los gases de invernadero? Podríamos transportar a Marte clorofluorocarbonos (CFC o HCFC) fabricados en la Tierra. Estas sustancias artificiales no se encuentran, por lo que sabemos, en ninguna otra parte del sistema solar. Ciertamente, podemos imaginarnos muy bien fabricando suficientes CFC en la Tierra como para calentar la superficie de Marte, pues *accidentalmente*, en unas pocas décadas con la tecnología presente sobre la Tierra, nos las hemos ingeniado para sintetizar una cantidad suficiente como para contribuir al calentamiento global de nuestro propio planeta. Sin embargo, el transporte de estos gases a Marte saldría caro: incluso empleando cohetes del tipo Saturn V o Energiya, ello requeriría al menos un lanzamiento diario durante un siglo. Aunque quizá también pudieran fabricarse esos gases a partir de minerales marcianos que contuvieran fluorina.

Existe además un serio inconveniente: en Marte, al igual que en la Tierra, una abundancia de CFC impediría la formación de una capa de ozono. Los CFC podrían hacer soportables las temperaturas de Marte, pero garantizarían, por otra parte, que el peligro ultravioleta procedente del Sol fuera extremadamente grave. Tal vez la luz solar ultravioleta pudiera ser absorbida por una capa atmosférica de escombros pulverizados —ya fueran éstos de origen asteroidal o de la propia superficie—, inyectados en cantidades cuidadosamente tituladas por encima de los CFC. Pero ahora nos encontramos ante la problemática circunstancia de tener que afrontar efectos secundarios que se propagan, cada uno de los cuales requiere su propia solución tecnológica a gran escala.

Un tercer gas de invernadero susceptible de calentar Marte es el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). Solamente un poco de amoníaco sería suficiente para calentar la superficie de Marte por encima del punto de congelación del agua. En principio, ello podría hacerse mediante microorganismos creados por ingeniería genética especialmente para tal fin, que convertirían el  $\text{N}_2$  de la atmósfera de Marte en  $\text{NH}_3$ , tal como hacen en la Tierra algunos microbios, aunque en este caso lo harían bajo las condiciones de Marte. O bien esa misma conversión podría llevarse a cabo en fábricas especiales. Alternativamente, el nitrógeno requerido podría ser llevado a Marte desde alguna otra parte del sistema solar. (El  $\text{N}_2$  es el constituyente principal en las atmósferas de la Tierra y de Titán.) La luz ultravioleta convertiría de nuevo el amoníaco en  $\text{N}_2$  en un plazo de unos treinta años, de modo que sería necesario un continuo reabastecimiento de  $\text{NH}_3$ .

Una combinación sensata de los efectos de invernadero por  $\text{CO}_2$ , CFC y  $\text{NH}_3$  sobre Marte parece que podría ser capaz de llevar las temperaturas lo suficientemente cerca del punto de congelación del agua como para que pudiera empezar la segunda fase de la terraformación, la elevación suplementaria de las temperaturas debida a una cantidad sustancial de vapor de agua en el aire, la producción generalizada de  $\text{O}_2$  a cargo de plantas fabricadas por ingeniería genética y el ajuste fino del medio ambiente en la superficie del planeta. Se podría establecer en Marte microbios, plantas más grandes y animales antes de que el medio ambiente global fuera apropiado para colonizadores humanos sin protección. La terraformación de Marte es mucho más fácil que la de Venus. Pero sigue resultando muy cara con los criterios actuales y destructiva del entorno medioambiental. Sin embargo, si hubiera justificación suficiente, tal vez la terraformación de Marte podría estar en marcha hacia el siglo XXII.

LAS LUNAS DE JÚPITER Y SATURNO: La terraformación de satélites de los planetas jovianos presenta grados diversos de dificultad. Quizá el más fácil de abordar sea Titán. Ya posee una atmósfera, compuesta principalmente de  $\text{N}_2$  como la de la Tierra, y se halla mucho más cercano a las presiones atmosféricas terrestres que Venus o Marte. Por si fuera poco, importantes gases de invernadero como el  $\text{NH}_3$  y el  $\text{H}_2\text{O}$  se encuentran, casi con seguridad, congelados en su superficie. La fabricación de gases de invernadero incipientes que no se congelaran a las temperaturas actuales de Titán, más un calentamiento directo de su superficie por fusión nuclear podrían, al parecer, ser los primeros pasos clave para abordar un día la terraformación de Titán.

Si tuviéramos una razón de peso para terraformar otros mundos, estos grandes proyectos de ingeniería podrían ser factibles en el plazo de tiempo antes mencionado; los asteroides, con seguridad; Marte, Titán y otras lunas de los planetas exteriores, posiblemente; y Venus, probablemente no. Pollack y yo nos dimos cuenta de que hay gente que encuentra poderosamente atractiva la idea de hacer habitables para los seres humanos otros mundos del sistema solar, así como el hecho de establecer allí observatorios, bases de exploración, comunidades y hogares. Debido a su historia de colonización, esa idea parece particularmente

natural y atractiva en Estados Unidos.

De todos modos, la alteración masiva de los entornos medioambientales de otros mundos solamente puede llevarse a cabo de forma competente y responsable, en caso de que se disponga de unos conocimientos mucho más profundos que los actuales acerca de esos lugares. Los defensores de la terraformación deberán convertirse primero en defensores de una concienzuda exploración científica a largo plazo de otros mundos.

Tal vez cuando comprendamos realmente las dificultades de la terraformación, los costes o los daños medioambientales se revelarán demasiado importantes y rebajaremos nuestras visiones de ciudades cubiertas por cúpulas o subterráneas, o cualesquiera otros sistemas ecológicos cerrados y locales en otros mundos, versiones muy mejoradas de Biosfera II. Quizás abandonaremos el sueño de convertir las superficies de otros mundos en algo parecido a la Tierra. O puede también que haya soluciones mucho más elegantes, con una mejor relación coste/efecto y más responsables desde el punto de vista medioambiental para llevar a cabo la terraformación, que no se nos hayan ocurrido todavía.

Si realmente queremos tirar adelante el asunto, debemos plantearnos determinadas cuestiones: dado que toda opción para la terraformación está sujeta a un balance de costes y beneficios, ¿hasta qué punto podemos estar seguros antes de proceder de que no destruiremos con ello información científica clave? ¿Qué grado de comprensión necesitamos del mundo en cuestión antes de poder fiarnos de la ingeniería planetaria para producir el resultado final deseado? ¿Podemos garantizar un compromiso humano a largo plazo para mantener y reabastecer un mundo prefabricado, teniendo en cuenta que las instituciones políticas humanas tienen una vida tan corta? Si un mundo se supone inhabitado —o tal vez habitado únicamente por microorganismos—, ¿tenemos derecho los seres humanos a alterarlo? ¿Cuál es nuestro grado de responsabilidad en la conservación en sus actuales estados salvajes de los mundos del sistema solar para generaciones futuras, que tal vez contemplan usos que hoy somos demasiado ignorantes para descubrir? Estos interrogantes podrían condensarse quizá en una pregunta final: nosotros, que hemos convertido este mundo en un mayúsculo embrollo, ¿somos realmente dignos de que nos sean confiados otros mundos?

Cabe la posibilidad de que algunas de las técnicas que podrían servir para la terraformación de otros mundos pudieran ser aplicadas para mitigar el daño que le hemos hecho al nuestro. Considerando las urgencias relativas, una indicación útil acerca de cuándo vamos a estar preparados para considerar seriamente la terraformación apunta a que lo estaremos cuando hayamos puesto en orden nuestro propio mundo. Podemos considerarlo como un test para medir la profundidad de nuestra comprensión y de nuestro compromiso. El primer paso para abordar la manipulación del sistema solar reside en garantizar la habitabilidad de la Tierra.

En ese momento estaremos a punto para extendernos a los asteroides, los cometas, Marte, las lunas del sistema solar exterior y más allá. La predicción de

Jack Williamson que apunta que podemos estar listos para el siglo XXII puede no quedar muy lejos de la verdad.

La visión de nuestros descendientes viviendo y trabajando en otros mundos, y moviendo incluso algunos de ellos según su conveniencia parece sacada del más extravagante libro de ciencia ficción. «Seamos realistas», me aconseja una voz en mi interior. Pero esto *es* realista. Nos hallamos en la cúspide de la tecnología, cerca del punto medio entre lo imposible y la rutina. Es lógico que sostengamos una pugna a este respecto. Si no nos hacemos algo terrible a nosotros mismos en el ínterin, dentro de un siglo la terraformación no nos parecerá más imposible de lo que hoy se nos antoja la posibilidad de una estación espacial instalada por seres humanos.

Pienso que la experiencia de vivir en otros mundos inevitablemente nos cambiará. Nuestros descendientes, nacidos y educados en otro lugar, comenzarán de forma natural a ser leales al mundo que los vio nacer, aunque sigan profesando un cierto afecto a la Tierra. Sus necesidades físicas, sus métodos para cubrir dichas necesidades, sus tecnologías y sus estructuras sociales serán necesariamente distintas.

Una brizna de hierba constituye un lugar común en la Tierra, pero sería un auténtico milagro en Marte. Nuestros descendientes en Marte conocerán bien el valor de un pedazo de césped. Y si una brizna de hierba no tiene precio, ¿cuál es el valor de un ser humano? El revolucionario americano Tom Paine, al describir a sus contemporáneos, tuvo pensamientos como el que sigue:

Los deseos que necesariamente acompañan el cultivo de un desierto produjeron entre ellos un estado social, cuyo cuidado había sido negligido hasta entonces por países largamente hostigados por las disputas e intrigas de sus gobiernos. En una situación así el hombre se convierte en lo que debería ser. Contempla a su especie... como grupo.

Habiendo visto de primera mano una procesión de mundos estériles y desolados, sería lógico que nuestros descendientes en el espacio mimaran la vida. Habiendo también aprendido algo de la actuación de nuestra especie en la Tierra, quizá deseen aplicar esas lecciones a otros mundos, a fin de ahorrar a las generaciones venideras un sufrimiento evitable que sus antepasados se vieron obligados a soportar, y hacer uso de nuestra experiencia y de nuestros errores en el momento de iniciar nuestra evolución abierta al espacio.

# OSCURIDAD

Lejos, ocultos a los ojos de la luz diurna, hay vigilantes en los cielos.  
EURÍPIDES, *LOS bacantes* (aprox. 406 a. J.C.)

Cuando somos niños, tememos la oscuridad. En ella puede haber oculta cualquier cosa. Lo desconocido nos angustia. Irónicamente, nuestro destino es *vivir* en la oscuridad. Este inesperado descubrimiento de la ciencia tiene solamente unos tres siglos de antigüedad. Distanciémonos de la Tierra en cualquier dirección y — tras un flash inicial de azul y una espera algo más larga hasta que la luz del Sol se desvanece— nos encontraremos rodeados de negro, solamente salpicado aquí y allá por tenues y distantes estrellas.

Incluso una vez alcanzada la edad adulta, la oscuridad sigue manteniendo su poder para asustarnos. Por ello, hay quien sostiene que no deberíamos insistir demasiado en averiguar quién más habita en esa oscuridad. «Mejor no saberlo», afirman.

En la galaxia Vía Láctea hay cuatrocientos mil millones de estrellas. De entre esa inmensa multitud, ¿es posible que nuestro Sol, siendo tan vulgar, sea el único que posea un planeta habitado? Quizá el hecho de que se origine vida o inteligencia sea extraordinariamente improbable. O tal vez todo el tiempo estén surgiendo civilizaciones, pero se autoaniquilen tan pronto como tengan ocasión.

Cabe también la posibilidad de que, diseminados por el espacio, orbitando otros soles, existan mundos parecidos al nuestro sobre los cuales haya seres que miren hacia arriba y se pregunten, como hacemos nosotros, quién más debe vivir en la oscuridad. ¿Es posible que la Vía Láctea esté repleta de vida y de inteligencia — mundos que llaman a otros mundos— y nosotros, en la Tierra, estemos viviendo el momento decisivo en que hemos decidido por vez primera escuchar esa llamada?

Nuestra especie ha descubierto una forma de comunicarse a través de la oscuridad, de trascender distancias inmensas. No hay medio de comunicación más rápido, más barato o que tenga mayor alcance. Se llama radio.

Al cabo de miles de millones de años de evolución biológica —en su planeta y en el nuestro— una civilización extraterrestre no puede estar al mismo nivel tecnológico que la nuestra. Ha habido humanos durante más de veinte mil siglos, pero sólo hace un siglo que conocemos la radio. Si las civilizaciones extraterrestres están más atrasadas que nosotros, es probable que lo estén demasiado como para tener radio. Y si están más adelantadas que nosotros, lo estarán también mucho más. Pensemos en los avances tecnológicos que hemos conseguido en nuestro mundo durante los últimos siglos. Lo que a nosotros nos resulta tecnológicamente difícil o imposible, lo que nos parecería mágico, a ellos podría parecerles banal, de

tan fácil. Podría ser que emplearan otros medios mucho más avanzados para comunicarse con sus semejantes, pero conocerían la radio como un modo de aproximación a civilizaciones emergidas recientemente. Incluso con un nivel tecnológico no más adelantado que el nuestro en sus estaciones de transmisión y recepción, hoy podríamos comunicarnos a través de gran parte de la galaxia. Ellos deberían ser capaces de llegar mucho más allá.

Eso si es que existen.

Pero nuestro temor a la oscuridad se subleva. La idea de la posible existencia de seres extraterrestres nos preocupa. Nos inventamos objeciones:

«*Es demasiado caro.*» Pero, en su plena expresión tecnológica moderna, cuesta menos que un helicóptero de combate al año.

«*Nunca llegaremos a comprender lo que dicen.*» Pero, dado que el mensaje se transmite por radio, nosotros y ellos debemos tener radiofísica, radioastronomía y radiotecnología en común. Las leyes de la Naturaleza son las mismas en todas partes; así pues, la misma ciencia proporciona un medio y un lenguaje de comunicación incluso entre especies de seres muy diferentes, siempre, claro está, que ambas dispongan de ciencia. Descifrar el mensaje, si tenemos la suerte de recibir alguno, puede ser mucho más fácil que captarlo.

«*Resultaría desmoralizante enterarnos de que nuestra ciencia está en un estadio primitivo.*» Pero, con los criterios de los próximos siglos, al menos una parte de nuestra ciencia actual será considerada primitiva, con extraterrestres o sin ellos. (Lo mismo ocurrirá con nuestras actuales política, ética, economía y religión.) Ir más allá de la ciencia actual constituye uno de los objetivos principales de la ciencia. Los estudiantes serios no suelen caer en la desesperación cuando, al pasar las páginas de un libro de texto, descubren que el autor conoce un tema que ellos todavía desconocen. Por lo general, los estudiantes se esfuerzan un poco, adquieren ese nuevo conocimiento y, siguiendo una antigua tradición humana, continúan pasando páginas.

«*A lo largo de toda la historia, las civilizaciones avanzadas han arruinado a otras civilizaciones que les iban ligeramente a la zaga.*» Ciertamente. Pero los extraterrestres maléficos, si existen, no van a descubrir nuestra presencia por el mero hecho de que les estemos escuchando. Los programas de búsqueda se limitan a recibir, no envían.

Sorprendentemente, a muchas personas, incluyendo los editorialistas del *New York Times*, los preocupa el hecho de que cuando los extraterrestres descubran dónde estamos, puedan venir aquí a comernos. Dejando aparte las profundas diferencias biológicas que deben de existir entre los hipotéticos alienígenas y nosotros, imaginemos que constituimos un manjar gastronómico interestelar. ¿Por qué iban a molestarse en transportar multitud de humanos hasta los restaurantes extraterrestres? Los cargamentos serían enormes. ¿No sería mejor que se limitaran a robar unos cuantos humanos, determinaran nuestra secuencia de aminoácidos, o cualquiera que fuera el origen de nuestro sabroso sabor, y luego se dedicaran a sintetizar ese mismo producto alimenticio desde un buen principio?



Por el momento, el debate sigue vivo. Actualmente, a una escala sin precedentes, estamos tratando de captar señales de radio de otras posibles civilizaciones en las profundidades del espacio. Hoy vive la primera generación de científicos que está interrogando a la oscuridad. Resulta también plausible que sea la última antes de establecer contacto, y éste, el último momento antes de que descubramos que alguien en la oscuridad nos está llamando.

Este rastreo se denomina «Búsqueda de inteligencia extraterrestre» (*Search for Extraterrestrial Intelligence*, SETI). Permítanme describir hasta dónde hemos llegado.

El primer programa SETI fue llevado a cabo por Frank Drake en el Observatorio Nacional de Radioastronomía de Greenbank, West Virginia, en 1960. Estuvo escuchando durante dos semanas dos estrellas cercanas parecidas al Sol en una frecuencia determinada. («Cercanas» es una manera muy relativa de expresarlo: la más cercana se encuentra a doce años luz de distancia.)

Casi en el mismo momento en que Drake enfocó el radiotelescopio y puso en marcha el sistema, captó una señal muy fuerte. ¿Se trataba de un mensaje de seres extraterrestres? Luego ésta se esfumó. Si la señal desaparece, no se puede escrutar. No podemos determinar si, a causa de la rotación de la Tierra, se mueve con el cielo. Si no es repetible, no podemos averiguar casi nada de ella, podría tratarse de interferencias de radio terrestres o de un fallo de nuestro amplificador o detector... o de una señal alienígena. Los datos que no se repiten, independientemente de lo insigne que sea el científico que dé cuenta de los mismos, no sirven para gran cosa.

Semanas más tarde, la señal fue detectada de nuevo. Resultó ser un avión militar transmitiendo en una frecuencia no autorizada. Drake informó de los resultados negativos que había obtenido. Pero en ciencia un resultado negativo no equivale a un fracaso. Su gran logro fue poner de manifiesto que la tecnología moderna sería plenamente capaz de captar señales de hipotéticas civilizaciones residentes en planetas de otras estrellas.

Desde entonces ha habido una serie de intentos, a menudo aprovechando tiempo escatimado a otros programas de observación por radiotelescopio, y casi nunca durante más de unos pocos meses. Se ha producido alguna otra falsa alarma, en el estado de Ohio, en Arecibo, en Puerto Rico, en Francia, en Rusia y en otros lugares, pero nada aceptable para la comunidad científica mundial.

Entretanto, la tecnología para la detección se ha ido abaratando; el grado de sensibilidad de la misma continúa mejorando; la respetabilidad científica del programa SETI ha ido en aumento; e incluso la NASA y el Congreso han perdido un poco el miedo a apoyarlo. No obstante, son posibles y necesarias diversas estrategias de búsqueda complementarias. Hace años que quedó claro que, si la tendencia continuaba, la tecnología que permitiría aplicar ampliamente el programa SETI acabaría estando al alcance incluso de organizaciones privadas (o de individuos con alto nivel de recursos) y, tarde o temprano, el gobierno se decidiría a apoyar un programa de mayor importancia. Tras treinta años de trabajo, para algunos de nosotros ha sido más bien tarde que temprano. Pero por

fin ha llegado el momento.

La sociedad planetaria —una asociación sin ánimo de lucro que Bruce Murray, entonces director del JPL, y yo fundamos en 1980— está dedicada a la exploración planetaria y a la búsqueda de vida extraterrestre. Paul Horowitz, un físico de la Universidad de Harvard, había ideado una serie de importantes innovaciones para el SETI y estaba deseoso de probarlas. Si podíamos conseguir el dinero para ponerlo en marcha, pensamos que podríamos continuar apoyando el programa con donaciones de nuestros asociados.

En 1983 Ann Druyan y yo sugerimos al director de cine Steven Spielberg que éste era un proyecto ideal para que él le concediera su apoyo. Rompiendo con la tradición de Hollywood, el cineasta había hecho dos películas de extraordinario éxito en las que transmitía la idea de que los seres extraterrestres no tenían por qué ser hostiles y peligrosos. Spielberg accedió gustoso. Con su apoyo inicial y a través de la Sociedad Planetaria, se puso en marcha el programa META.

META es un acrónimo para *Megachannel ExtraTerrestrial Assay* («Ensayo extraterrestre por megacanales»). La frecuencia única del primer sistema de Drake llegaba hasta los 8,4 millones. Pero cada canal, cada «estación», que sintonizamos posee una gama de frecuencias extraordinariamente ajustada. No existen procesos conocidos ahí fuera, entre las estrellas y las galaxias, capaces de generar «líneas» de radio tan definidas. Si captáramos algo que hubiera caído en un canal tan estrecho, tendría que ser, pensamos, un indicio de inteligencia y tecnología.

Y lo que es más, la Tierra gira, lo cual significa que cualquier fuente de radio distante tendrá un movimiento aparente considerable, igual que la salida y la puesta de las estrellas. Al igual que el tono fijo de la bocina de un coche se vuelve más grave a medida que el vehículo se aleja, cualquier fuente de radio extraterrestre auténtica exhibirá una desviación fija en su frecuencia, debido a la rotación de la Tierra. En contraste, cualquier fuente de interferencias de radio en la superficie de la Tierra rotará a la misma velocidad que el receptor META. Las frecuencias de escucha del META se modifican continuamente para compensar la rotación de la Tierra, de tal modo que cualquier señal de banda estrecha procedente del cielo aparecerá siempre en un canal único. En cambio, cualquier interferencia de radio aquí en la Tierra se pondrá en evidencia al pasarse a los canales adyacentes.

El radiotelescopio META en Harvard, Massachusetts, tiene 26 metros de diámetro. Cada día, a medida que la Tierra hace rotar el telescopio bajo el cielo, una hilera de estrellas más estrecha que la luna llena es barrida y examinada. Al día siguiente le toca el turno a la hilera de al lado. A lo largo de un año se observa todo el cielo del hemisferio norte y parte del del hemisferio sur. Un sistema idéntico, también esponsorizado por la Sociedad Planetaria, se halla en funcionamiento en las afueras de Buenos Aires, Argentina, con el objeto de examinar el cielo del hemisferio sur. De este modo, ambos sistemas META han venido explorando la totalidad del cielo.

El radiotelescopio, gravitatoriamente pegado a la Tierra en rotación, contempla

cada estrella durante dos minutos, A continuación pasa a la siguiente. 8,4 millones de canales suena a mucho, pero recordemos que cada canal es muy estrecho. Todos ellos juntos constituyen solamente unas pocas de entre las cien mil partes que componen el espectro de radio disponible. Así pues, tenemos que estacionar nuestros 8,4 millones de canales en algún lugar del espectro de radio para cada año de observación, cerca de alguna frecuencia en la que una civilización alienígena, sin saber nada de nosotros, pudiera concluir de todos modos que estamos escuchando.

El hidrógeno es, con mucho, el tipo de átomo más abundante en el universo. Se halla distribuido en nubes y en forma de gas difuso por todo el espacio interestelar. Cuando capta energía, libera una porción de la misma emitiendo ondas de radio en una frecuencia precisa de 1420,405751768 megahertzios. (Un hertzio significa que la cresta y el valle de una onda llegan a nuestro instrumento de detección cada segundo. Por tanto, 1420 megahertzios equivalen a un billón cuatrocientos veinte mil millones de ondas por segundo, entrando en nuestro detector. Dado que la longitud de onda de la luz corresponde a la velocidad de la luz dividida por la frecuencia de la onda, 1420 megahertzios corresponden a una longitud de onda de veintiún centímetros.) Los radioastrónomos de todos los puntos de la galaxia estarán estudiando el universo a 1420 megahertzios y serán capaces de anticipar que otros radioastrónomos, independientemente de lo diferente que sea su apariencia física, harán lo mismo.

Es como si alguien le dijera que la banda de frecuencias de su aparato de radio casero tiene solamente una estación, pero que nadie conoce su frecuencia. ¡Ah!, y otra cosa: el dial de frecuencias de su aparato, con su fino marcador de frecuencias que ajustamos girando un botón, resulta que alcanza desde la Tierra hasta la Luna. Buscar sistemáticamente a través de este amplísimo espectro de radio, girando pacientemente el botón, nos llevaría mucho tiempo. El problema es ajustar correctamente el dial desde el principio, seleccionar la frecuencia indicada. Si pudiéramos adivinar en qué frecuencias nos están transmitiendo los extraterrestres —las frecuencias «mágicas»—, entonces nos ahorraríamos mucho tiempo y problemas. Éstas son la clase de cuestiones que escuchamos primero, como había hecho Drake, en frecuencias cercanas a los 1420 megahertzios, la frecuencia «mágica» del hidrógeno.

Horowitz y yo hemos publicado resultados detallados correspondientes a cinco años de búsqueda a plena dedicación con el proyecto META y dos años de seguimiento. No podemos afirmar que hayamos dado con una señal de seres extraterrestres. Pero sí encontramos algo enigmático, algo que, de vez en cuando, en momentos tranquilos, cuando pienso en ello me pone la carne de gallina:

Naturalmente, hay un cierto nivel de fondo de ruidos de radio achacables a la Tierra: estaciones de radio y televisión, aviones, teléfonos portátiles, naves espaciales cercanas y distantes. Asimismo, como ocurre con todos los receptores de radio, cuanto más esperas, más probabilidades hay de que se produzca una fluctuación casual del aparato electrónico tan fuerte que pueda generar una falsa

señal. Por ello solemos ignorar todo lo que no tenga *mucho más* volumen que el fondo.

Cualquier señal fuerte de banda estrecha que permanezca en un único canal es tomada muy en serio. Cuando queda registrada en los datos, META comunica automáticamente a los operadores humanos que deben prestar atención a determinadas señales. En el transcurso de esos cinco años efectuamos unos sesenta billones de observaciones en diversas frecuencias, mientras examinábamos todo el cielo accesible. Unas pocas docenas de señales superaron el proceso de selección. Éstas fueron sometidas a un mayor escrutinio y casi todas acabaron siendo rechazadas, por ejemplo, porque los microprocesadores detectores de fallos que examinan los microprocesadores detectores de señales han descubierto un error.

Las señales que quedaron — las más firmes candidatas después de tres estudios del cielo — son once «acontecimientos». Satisfacen todos menos uno de nuestros criterios para ser declaradas señales alienígenas genuinas. Pero el criterio que falla es supremamente importante: la verificabilidad. Nunca hemos podido volver a detectar ninguna de esas señales. Miramos de nuevo a esa parte del cielo al cabo de tres minutos y ya no había nada. Miramos otra vez al día siguiente, y nada. La examinamos al cabo de un año, o de siete, y sigue sin haber nada.

Parece improbable que cada señal que recibimos de una civilización extraterrestre se apague al cabo de dos minutos de empezar a escucharla, para no repetirse jamás. (¿Cómo podrían saber ellos que los estamos escuchando?) Pero es posible que sea un efecto del parpadeo. Las estrellas parpadean porque hay masas de aire turbulento que se interponen en la línea visual entre la estrella y nosotros. En ocasiones esas masas de aire actúan como lentes y hacen que los rayos de luz de una determinada estrella converjan un poco, haciéndola momentáneamente más brillante. De modo similar, las fuentes de radio astronómicas pueden parpadear, debido a nubes de gas cargado eléctricamente (o «ionizado») que se mueven en el vasto vacío interestelar. Eso es algo que observamos de forma rutinaria en el caso de los pulsares.

Imaginemos una señal de radio que se halla levemente por debajo de la fuerza que, de otro modo, detectaríamos en la Tierra. En algún momento y por casualidad la señal se concentra temporalmente, se amplifica y entra en la franja de detectabilidad de nuestros radiotelescopios. Lo interesante es que las duraciones de estos abrillantamientos, que han podido deducirse gracias a la física del gas interestelar, *son* de unos pocos minutos, y la probabilidad de que podamos captar de nuevo la señal es reducida. Realmente, tendríamos que estar enfocando permanentemente esas coordenadas en el cielo, observándolas durante meses.

A pesar de que ninguna de esas señales se repite, se da un hecho adicional al respecto que me provoca un escalofrío: ocho de las once mejores candidatas se encuentran dentro o cerca del plano de la galaxia Vía Láctea. Las cinco más fuertes fueron localizadas en las constelaciones Casiopea, Monoceros, Hidra y dos en la de Sagitario, aproximadamente en dirección al centro de la galaxia. La Vía Láctea es un cúmulo de gas, polvo y estrellas en forma de disco plano. El hecho de que sea

plana explica que la veamos como una banda de luz difusa a través del cielo nocturno. Es allí donde residen casi todas las estrellas de nuestra galaxia. Si nuestras señales candidatas fueran en realidad interferencias de radio de la Tierra o algún fallo que hubiera pasado inadvertido en la electrónica de detección, no las veríamos preferentemente cuando enfocamos hacia la Vía Láctea.

Aunque quizá fuimos víctimas de un funcionamiento especialmente desafortunado y engañoso de la estadística. La probabilidad de que esta correlación con el plano de la galaxia sea meramente atribuible a la casualidad es menor de un 0,5%. Imaginemos un mapa del cielo del tamaño de una pared que abarque desde la estrella del Norte en su parte más superior hasta las estrellas más tenues hacia las que apunta el polo sur de la Tierra en la parte más inferior. Serpenteando a través del mapa aparecen las irregulares fronteras de la Vía Láctea. Ahora supongamos que nos vendan los ojos y nos piden que lancemos cinco dardos al azar sobre el mapa (con una gran parte del cielo del hemisferio sur, inaccesible desde Massachusetts, declarada fuera de los límites). Deberíamos lanzar los cinco dardos más de doscientas veces para que, por casualidad, consiguiéramos que cayeran tan juntos dentro del área de la Vía Láctea como lo hicieron las cinco señales más fuertes captadas por el programa META. No obstante, en ausencia de señales repetibles, no hay manera de que podamos concluir que, efectivamente, hemos tropezado con inteligencia extraterrestre.

O quizá los eventos que hemos hallado son causados por algún nuevo tipo de fenómeno astrofísico, algo en lo que nadie ha reparado hasta ahora y por lo cual, no civilizaciones, sino estrellas o nubes de gas (o alguna otra cosa) que se encuentran en el plano de la Vía Láctea emiten fuertes señales en bandas de frecuencia desconcertantemente estrechas.

Pero permitámonos un momento de extravagante especulación. Imaginemos que todos los acontecimientos seleccionados son debidos, en efecto, a radiofaros de otras civilizaciones. En ese caso, podemos estimar —a partir del poco tiempo que hemos invertido en observar cada porción del cielo— cuántos transmisores hay en toda la Vía Láctea. La respuesta es que hay una cifra cercana al millón. Si estuvieran diseminados al azar por el espacio, el más cercano estaría a unos cuantos cientos de años luz de distancia, demasiado lejos para que ellos hubieran podido captar nuestras señales de televisión o de radar. Durante unos cuantos siglos más, ellos seguirían sin saber que en la Tierra ha emergido una civilización tecnológica. La galaxia estaría palpitando de vida y de inteligencia, pero —a menos que estuvieran explorando febrilmente un ingente número de oscuros sistemas estelares— se hallarían completamente *in albis* acerca de lo que ha venido ocurriendo últimamente por aquí. Dentro de unos cuantos siglos, cuando se enteren de nuestra presencia, las cosas pueden ponerse muy interesantes. Afortunadamente, tendremos muchas generaciones para prepararnos.

Si, por el contrario, *ninguna* de nuestras señales candidatas es un auténtico radiofaro alienígena, entonces nos vemos forzados a extraer la conclusión de que hay muy pocas civilizaciones transmitiendo, quizá ninguna, al menos en nuestras

frecuencias mágicas y lo suficientemente fuerte como para que podamos captarlo.

Consideremos una civilización como la nuestra, pero que ha dedicado toda su energía disponible (alrededor de un billón de vatios) a transmitir una señal de radiofaro en una de nuestras frecuencias mágicas y en todas direcciones en el espacio. En ese caso, los resultados del programa META implicarían que no hay civilizaciones así en un espacio de veinticinco años luz, un volumen que abarcaría unas doce estrellas semejantes al Sol. No se trata pues de un límite muy estricto. Si, en cambio, esa civilización estuviera transmitiendo directamente hacia nuestra posición en el espacio, empleando una antena no más avanzada que la del observatorio de Arecibo, entonces si META no ha encontrado nada, cabe concluir que no hay civilizaciones así en ninguna parte de la Vía Láctea, de entre cuatrocientos mil millones de estrellas, ni una sola. Pero incluso asumiendo que quisieran, ¿cómo sabrían transmitir en nuestra dirección?

Consideremos ahora, en el extremo tecnológico opuesto, una civilización muy avanzada transmitiendo pródigamente en todas direcciones con un nivel de energía diez billones de veces mayor (10 elevado a la 26 vatios, toda la energía liberada por una estrella como el Sol). Entonces, si los resultados del programa META son negativos, podemos concluir no solamente que no existen civilizaciones así en la Vía Láctea, sino que no hay ninguna en un área de setenta millones de años luz, ni en la M 31, la galaxia más cercana semejante a la nuestra, ni en la M 33, o el Sistema Fornax, ni en la M 81, o la nebulosa Torbellino, ni en Centaurus A, ni en el cúmulo de galaxias Virgo, ni en las galaxias Seifert más cercanas; no hay ninguna civilización inteligente entre los cien billones de estrellas de las miles de galaxias cercanas. Herida de muerte o no, la noción geocéntrica despierta de nuevo.

Naturalmente, podría ser un indicio, no de inteligencia, sino de supina estupidez dilapidar tanta energía en la comunicación interestelar (o intergaláctica). Quizá tengan buenas razones para no estar interesados en dar la bienvenida a todo el que llegue de fuera. O puede que les tengan sin cuidado las civilizaciones tan atrasadas como la nuestra. Pero aun así, ¿es posible que en cien billones de estrellas no haya una sola civilización transmitiendo con esa potencia energética, en esa frecuencia precisa? Si los resultados del programa META son negativos, hemos establecido un límite ilustrativo, pero no tenemos manera de saber si tiene relación con la abundancia de civilizaciones muy avanzadas o con su estrategia de comunicación. Aunque el programa META no haya encontrado nada, un amplio término medio permanece abierto, de numerosas civilizaciones más avanzadas que la nuestra y transmitiendo de modo omnidireccional en frecuencias mágicas. Todavía no tenemos noticia de su existencia.

El 12 de octubre de 1992 —para bien o para mal, fecha del quingentésimo aniversario del «descubrimiento» de América por Cristóbal Colón— la NASA puso en marcha *su* nuevo programa SETI. A través de un radiotelescopio ubicado en el desierto de Mojave se inició una búsqueda que pretendía cubrir sistemáticamente todo el cielo, como el META, sin efectuar presuposiciones sobre qué estrellas

podían presentar un mayor índice de probabilidad, pero expandiendo en gran medida la cobertura de frecuencias. En el observatorio de Arecibo se inició un estudio de la NASA, con mayor grado de sensibilidad, que se concentraba en prometedores sistemas estelares cercanos. Una vez alcanzado el nivel de plena operatividad, estos sondeos de la NASA habrían sido capaces de detectar señales mucho más débiles que el programa META, así como de buscar tipos de señales a las que el META no tenía acceso.

La experiencia del programa META revela un grueso de interferencias de fondo estáticas y de radio. La rápida reobservación y confirmación de la señal — especialmente en otros radiotelescopios independientes— es la clave para estar seguros. Horowitz y yo dimos a los científicos de la NASA las coordenadas de los fugaces y enigmáticos acontecimientos captados por nosotros. Tal vez ellos fueran capaces de confirmar y clarificar nuestros resultados. El programa de la NASA estaba desarrollando además nuevas tecnologías, estimulando ideas y cautivando a los niños en las escuelas. A los ojos de muchas personas valía la pena gastar los diez millones de dólares anuales que se estaban invirtiendo en el proyecto. Pero casi exactamente un año después de ser autorizado, el Congreso «desenchufó» el programa SETI de la NASA. Salía demasiado caro, según se dijo. No obstante, el presupuesto de defensa de Estados Unidos para la época posguerra fría era unas treinta mil veces mayor.

El principal argumento del oponente más importante al programa SETI —el senador Richard Bryan, de Nevada— fue el siguiente (del Registro del Congreso correspondiente al 22 de Septiembre de 1993):

Hasta ahora, el programa SETI de la NASA no ha encontrado nada. En realidad, todas las décadas de investigación SETI no han logrado dar con indicios confirmables de vida extraterrestre.

Incluso con la versión SETI actual de la NASA, no creo que muchos de sus científicos estuvieran dispuestos a garantizar que tenemos posibilidades de ver resultados tangibles en un futuro (previsible)...

La investigación científica raras veces, por no decir nunca, ofrece garantías de éxito —y yo lo comprendo—, y el verdadero alcance de los beneficios de este tipo de investigaciones suele desconocerse hasta muy entrado el proceso. Y acepto eso también.

Sin embargo, en el caso del programa SETI las posibilidades de éxito son tan remotas y los potenciales beneficios tan limitados, que existe escasa justificación para invertir doce millones de dólares de los contribuyentes en este programa.

Pero ¿cómo podemos «garantizar», antes de descubrir inteligencia extraterrestre, que vamos a dar con ella? Y, por otra parte, ¿cómo podemos saber que las probabilidades de éxito son «remotas»? Y si encontráramos inteligencia extraterrestre, ¿pueden ser los beneficios realmente «tan limitados»? Como sucede en todas las grandes aventuras de exploración, no sabemos lo que vamos a encontrar, ni tampoco la probabilidad que tenemos de dar con ello. Si lo supiéramos, ya no sería necesario que buscáramos.

El SETI es uno de esos programas de investigación que irritan a los que

persiguen siempre unas tasas coste/beneficios bien definidas. Si va a encontrarse realmente inteligencia extraterrestre, cuánto tiempo será necesario para ello y cuánto va a costar en términos económicos son factores que desconocemos. Los beneficios podrían ser enormes, pero ni siquiera de eso podemos estar seguros. Naturalmente, sería una temeridad invertir una fracción mayor del tesoro nacional en aventuras de este tipo, pero me pregunto si las civilizaciones no podrían ser calibradas por el hecho de si prestan *alguna* atención a intentar solucionar las grandes cuestiones.

A pesar de estos reveses, un esforzado grupo de científicos e ingenieros, concentrados en el Instituto SETI en Palo Alto, California, ha decidido seguir adelante, con la participación del gobierno o sin ella. La NASA ha dado su permiso para emplear los equipos que ya habían sido pagados; los capitanes de la industria electrónica han donado unos cuantos millones de dólares; al menos está disponible un radiotelescopio apropiado y las fases iniciales de éste, el más grande de los programas SETI, están en marcha. Si es capaz de demostrar que se puede llevar a cabo un estudio útil del cielo sin ser inundados por ruidos de fondo —y especialmente si, como parece probable después de la experiencia META, existen señales candidatas sin explicación plausible— quizá el Congreso cambie de opinión una vez más y subvencione el proyecto.

Entretanto, Paul Horowitz ha sacado un nuevo programa —distinto del META y de lo que estaba haciendo la NASA— denominado BETA. BETA equivale a «*Billion-channel ExtraTerrestrial Assay*» («Ensayo extraterrestre de los mil millones de canales»). Combina la sensibilidad de la banda estrecha con la amplia cobertura de frecuencias y una ingeniosa manera de verificar señales en cuanto son detectadas. Si la Sociedad Planetaria consigue encontrar apoyo adicional, este sistema —mucho más barato que el anterior programa de la NASA— estará pronto en el aire.

¿Me gustaría creer que con el META hemos interceptado transmisiones de otras civilizaciones ahí fuera, en la oscuridad, diseminadas por la inmensidad de la galaxia Vía Láctea? Sin duda alguna. Después de décadas de reflexión y estudio de este problema, naturalmente me encantaría. Un descubrimiento como ése sería emocionante para mí. Lo cambiaría todo. Tendríamos noticia de otros seres, independientemente evolucionados durante miles de millones de años, que tal vez contemplaran el universo de un modo muy distinto, quizá más ingenioso y, ciertamente, nada humano. ¿Cuántas cosas saben que nosotros desconocemos?

Para mí, la ausencia de señales, el hecho de que nadie nos esté llamando, constituye una perspectiva muy deprimente. «El silencio completo —dijo Jean-Jacques Rousseau en un contexto distinto— induce a la melancolía; es una imagen de la muerte.» Pero yo estoy de acuerdo con Henry David Thoreau: «¿Por qué habríamos de sentirnos solos? ¿Acaso no se encuentra nuestro planeta en la Vía Láctea?»

Darnos cuenta de que existen otros seres y que, tal como requiere el proceso evolutivo, deben ser muy diferentes de nosotros, comportaría una implicación



impresionante: sean cuales sean las diferencias que nos dividen aquí en la Tierra, son del todo triviales comparadas con las diferencias entre cualquiera de nosotros y cualquiera de ellos. Tal vez no sea más que una conjetura aventurada, pero el descubrimiento de inteligencia extraterrestre podría jugar un papel importante en la unificación de nuestro litigante y dividido planeta. Sería la última de las grandes degradaciones, un rito de transición para nuestra especie y un acontecimiento que transformaría la antigua búsqueda de nuestro lugar en el universo.

En nuestra fascinación por el SETI, podríamos sentirnos tentados de sucumbir a las creencias; pero eso sería autoindulgente e imprudente. ¿Debemos renunciar a nuestro escepticismo solamente frente a evidencias sólidas como la roca? La ciencia exige una cierta tolerancia frente a la ambigüedad. Cuando nos sentimos ignorantes nos negamos a creer. Cualquier molestia que pueda generar la incertidumbre sirve a un propósito más elevado: nos conduce a acumular mejores datos. En esta actitud reside la diferencia entre la ciencia y tantas otras cosas. La ciencia ofrece pocas emociones baratas. Los criterios de la evidencia son rigurosos. Pero, si los seguimos, nos permiten ver muy lejos, siendo incluso capaces de iluminar una profunda oscuridad.

# ¡HACIA EL CIELO!

La escalera del cielo ha sido desplegada para él, para que pueda ascender por ella hasta el cielo. Oh dioses, colocad vuestros brazos bajo el rey: levantadle, izadle hacia el cielo.  
¡Hacia el cielo! ¡Hacia el cielo!

Himno a un faraón muerto (Egipto, aprox. 2600 a. J.C.)

Cuando mis abuelos eran niños, la luz eléctrica, el coche, el avión y la radio eran avances tecnológicos asombrosos, las maravillas de la época. Sobre ellos se escuchaban historias alucinantes, pero no había ni un solo ejemplar en aquel pequeño pueblo del Imperio austrohúngaro, a orillas del río Bug. Pero en esa misma época, hacia fines del siglo pasado, hubo dos hombres que previeron otras invenciones mucho más ambiciosas, Konstantin Tsiolkovsky, el teórico, un maestro de escuela al borde de la sordera, oriundo del lóbrego pueblo ruso de Kaluga, y Robert Goddard, el ingeniero, profesor en un *college* americano casi igual de lóbrego, del estado de Massachusetts. Los dos soñaban en utilizar cohetes para viajar a los planetas y a las estrellas. Paso a paso fueron desarrollando los principios físicos fundamentales y muchos de los detalles relacionados con su sueño. Sus máquinas fueron tomando forma paulatinamente. A la larga, su sueño se revelaría contagioso.

En su época, la idea de estos pioneros fue considerada vergonzosa, un síntoma claro de algún oscuro trastorno mental. Goddard se encontró con que el mero hecho de mencionar un viaje a otros mundos le dejaba en ridículo, y no se atrevió a publicar, ni siquiera a exponer en público, su visión a largo plazo de los vuelos con destino a las estrellas. Cuando eran adolescentes, ambos tuvieron visiones epifanales sobre vuelos espaciales, visiones que ya nunca los abandonarían. «Todavía tengo sueños en los que surco el cielo en mi máquina, con rumbo a las estrellas – escribió Tsiolkovsky en el ecuador de su vida –. Resulta difícil trabajar siempre solo durante tantos años, en condiciones adversas, sin una chispa de esperanza y sin ninguna ayuda.» Muchos de sus contemporáneos pensaban realmente que estaba loco. Los que «sabían más» de física que Tsiolkovsky y Goddard –incluyendo a *The New York Times* en un descalificador artículo editorial del que no se retractaría hasta los albores de la misión del *Apolo 11*– insistieron en que los cohetes no funcionarían en el vacío, que la Luna y los planetas quedarían eternamente fuera del alcance de los seres humanos.

Una generación más tarde, inspirado por Tsiolkovsky y Goddard, Wernher von Braun construía el primer cohete capaz de llegar a los bordes del espacio, el V-2. Pero, en una de esas ironías de las que el siglo XX está repleto, Von Braun lo llevó a cabo por encargo de los nazis, como un instrumento para la matanza indiscriminada de civiles, como un «arma al servicio de la venganza» en poder de

Hitler, con las fábricas de cohetes movidas por mano de obra sometida a la esclavitud, exigiendo la construcción de cada cohete indecibles sufrimientos humanos, y con el propio Von Braun convertido en oficial de las SS. «Teníamos la Luna por objetivo, pero en su lugar alcanzamos Londres», bromeaba sin inmutarse.

Una generación más tarde, basándonos en el trabajo de Tsiolkovsky y Goddard y superando el genio de Von Braun, conseguimos llegar al espacio, circunnavegar silenciosamente la Tierra y pisar la antigua y desolada superficie lunar. Nuestras máquinas –cada vez más competentes y autónomas– se han extendido por el sistema solar, descubriendo nuevos mundos, examinándolos a conciencia, buscando vida en ellos y comparándolos con la Tierra.

Ésa es una de las razones por las que, en una perspectiva astronómica amplia, hay algo de realmente trascendental en el «ahora», que podemos definir como los pocos siglos centrados en el año en que el lector está leyendo este libro. Y hay todavía una segunda razón: es la primera vez en la historia de nuestro planeta en que una especie se ha convertido en un peligro para sí misma y para un enorme número de otras especies, a consecuencia de sus propias acciones voluntarias. Recordemos cómo:

- Hemos estado quemando carburantes fósiles durante cientos de miles de años. Para 1960 éramos tantos los que quemábamos madera, carbón, aceite y gas natural, y a tan gran escala, que los científicos empezaron a preocuparse por el creciente efecto invernadero; los peligros de un calentamiento global comenzaron a filtrarse lentamente en la conciencia pública.
- Los CFC fueron inventados en las décadas de los veinte y los treinta; en 1974 se descubrió que atacaban la capa protectora de ozono. Quince años más tarde entraba en vigor, a escala mundial, la prohibición de producirlos.
- Las armas nucleares fueron inventadas en 1945. Hasta 1983 no se comprendieron las consecuencias globales de una hipotética guerra termonuclear. Hacia 1992 se inició el desmantelamiento de grandes cantidades de cabezas nucleares.
- El primer asteroide se descubrió en 1801. Propuestas más o menos serias para desplazarlos de un lugar a otro han sido lanzadas desde 1980. El reconocimiento del potencial peligro que encierra la tecnología de desvío de asteroides se produjo poco después.
- La guerra biológica nos ha acompañado durante siglos, pero su letal emparejamiento con la biología molecular es bastante reciente.
- Nosotros, los humanos, hemos precipitado ya la extinción de especies a una escala sin precedentes desde el final del periodo cretáceo. Pero la magnitud de estas extinciones no se ha puesto de manifiesto hasta esta última década, al igual que la creciente posibilidad de que, en nuestra ignorancia de las interrelaciones de la vida en la Tierra, podamos estar poniendo en peligro nuestro propio futuro.
- Fijémonos en las fechas de esta lista y consideremos la profusión de nuevas

tecnologías que se están desarrollando en la actualidad. ¿No es probable que queden todavía por descubrir otros peligros producto de nuestras propias acciones, algunos de ellos quizá aún más graves?

En el embarullado campo de los desacreditados chauvinismos autocongratulatorios, solamente hay uno que parece sostenerse, un aspecto en el que «somos especiales: a causa de nuestras acciones o inacciones y del uso indebido de nuestra tecnología, vivimos en un momento extraordinario, al menos para la Tierra; es la primera vez que una especie se ha vuelto capaz de autodestruirse. Pero también es la primera vez, recordémoslo, que una especie se ha vuelto capaz de viajar a los planetas y a las estrellas. Ambos acontecimientos, que ha hecho posibles la misma tecnología, coinciden en el tiempo, unos pocos siglos en la historia de un planeta de 4500 millones de años de antigüedad. Si nos dejaran caer en la Tierra al azar, en algún momento del pasado o del futuro, las posibilidades de llegar en este momento crítico serían inferiores a uno entre diez millones. Nuestro poder de influencia sobre el futuro es elevado en este preciso momento.

Podría tratarse de una progresión corriente, que podría tener lugar en muchos mundos: un planeta recién formado gira plácidamente alrededor de su estrella; la vida emerge con lentitud; una procesión calidoscópica de criaturas va evolucionando; surge la inteligencia, que, al menos hasta cierto punto, confiere un enorme valor de supervivencia; y entonces se inventa la tecnología. Se empieza a comprender que hay cosas tales como las leyes de la Naturaleza, que estas leyes pueden revelarse por la vía del experimento y que el conocimiento de las mismas puede emplearse tanto para salvar como para eliminar vidas, ambas cosas a una escala sin precedentes. La ciencia, reconocen, garantiza inmensos poderes. En un abrir y cerrar de ojos crean dispositivos que pueden alterar el mundo. Algunas civilizaciones planetarias encuentran el camino, establecen límites sobre lo que se puede y lo que no se debe hacer, y logran superar con éxito la época de los peligros. Otras, menos afortunadas o prudentes, perecen en el intento.

Dado que, a largo plazo, cualquier sociedad planetaria se verá amenazada por impactos procedentes del espacio, toda civilización superviviente está obligada a abordar la navegación espacial, no por ahínco exploratorio o romántico, sino por la razón más práctica imaginable: permanecer vivos. Y una vez ahí fuera en el espacio durante siglos y milenios, moviendo pequeños mundos de un lugar a otro y practicando la ingeniería planetaria, nuestra especie se habrá alejado de su cuna. Si es que existen, muchas otras civilizaciones acabarán aventurándose lejos de casa.

¿Le quedarían ganas a una civilización planetaria que ha sobrevivido a su adolescencia para animar a otras a que desarrollaran sus tecnologías emergentes? Quizá efectuaran un esfuerzo especial para transmitir noticias de su existencia, para difundir el triunfante anuncio de que es posible evitar la autoaniquilación. ¿O tal vez fueran muy cautos, al principio? Habiendo evitado catástrofes provocadas por ellos mismos, puede que tuvieran miedo de dar a conocer su existencia, por

temor a que alguna civilización exaltada, desconocida, ahí fuera en la oscuridad estuviera buscando un *Lebensraum* (hábitat) o babeando por suprimir a un potencial competidor. Ese podría ser un motivo que nos impulsara a explorar los sistemas estelares vecinos, pero con discreción.

Tal vez se mantuvieran en silencio por otra razón: porque transmitir la existencia de una civilización avanzada podría propiciar que las civilizaciones emergentes no se esforzaran al máximo por salvaguardar su futuro, esperando que surgiera alguien de la oscuridad y los salvara de sí mismos.

Se ha propuesto un método para estimar el grado de precariedad de nuestras circunstancias y, remarcablemente, sin dirigir en ningún sentido la naturaleza de los riesgos. J. Richard Gott III es un astrofísico de la Universidad de Princeton. Nos sugiere que adoptemos un principio copernicano generalizado, lo que en otra parte he descrito como el principio de la mediocridad. Existen muchas posibilidades de que no estemos viviendo una época verdaderamente extraordinaria. Apenas nadie la ha vivido nunca. Hay un elevado índice de probabilidades de que hayamos nacido, vivamos nuestros días y fallezcamos en algún punto de la amplísima gama media de la vida de nuestra especie (o civilización, o nación). Casi con seguridad, afirma Gott, no vivimos los comienzos ni el final. Así pues, si nuestra especie es muy joven, se deduce que es improbable que dure mucho, porque si *hubiera* de durar mucho, nosotros (y el resto de los que hoy vivimos) *seríamos* extraordinarios, al vivir, proporcionalmente hablando, tan cerca del principio.

¿Cuál es entonces la proyectada longevidad de nuestra especie? Gott concluye, con el 97,5 % de seguridad, que los humanos no durarán más de ocho millones de años. Este es su límite superior, aproximadamente equivalente a la supervivencia media de muchas especies de mamíferos. En ese caso, nuestra tecnología ni perjudica ni ayuda. Pero el límite inferior de Gott, para el cual reivindica idéntico porcentaje de fiabilidad, es de sólo doce años. No apostaría cuarenta contra uno porque los seres humanos estemos todavía en este mundo para cuando los bebés actuales lleguen a la adolescencia. En la vida diaria hacemos todo lo posible para no incurrir en riesgos tan grandes, para no subir a un avión, por ejemplo, que tenga una posibilidad entre cuarenta de estrellarse. Accederemos a someternos a una operación a la cual sobreviven el 95 % de los pacientes, solamente en el caso de que nuestra enfermedad presente una probabilidad superior al cinco por ciento de llevarnos a la tumba. Unas probabilidades solamente de cuarenta a uno de que nuestra especie sobreviva otros doce años representarían, de ser válida la predicción, una causa de suprema preocupación. Si Gott tiene razón, no sólo puede que nunca lleguemos a tener presencia entre las estrellas, sino que es muy probable que ni siquiera vivamos lo suficiente como para poner el pie en otro planeta.

En mi opinión, este argumento tiene extraños visos de hipocondría. Sin saber nada sobre nuestra especie más que su edad, efectúa estimaciones numéricas, para las que reclama un elevado índice de fiabilidad, con respecto a sus perspectivas de futuro. ¿Cómo lo hace? Nosotros nos ponemos del lado de los ganadores. Los que

ya estaban aquí tienen posibilidades de permanecer aquí. Los recién llegados tienden a desaparecer. La única presunción que resulta bastante plausible es la de que no hay nada especial en el momento en que investigamos la cuestión. ¿Entonces por qué resulta tan insatisfactorio el argumento? ¿Es simplemente que nos sentimos consternados por sus implicaciones?

Una teoría del estilo del principio de mediocridad debe tener un grado de aplicabilidad muy amplio. Pero no somos tan ignorantes como para imaginar que todo es mediocre. *Hay* realmente algo especial en nuestro tiempo, no solamente el chauvinismo temporal que experimentan sin duda todos los que residen en una época determinada, sino algo, como he señalado anteriormente, claramente único y estrictamente relevante para las posibilidades de futuro de nuestra especie: es la primera vez que *a*) nuestra tecnología punta ha llegado al borde del precipicio de la autodestrucción, pero también es la primera vez que *b*) somos capaces de posponer o evitar la destrucción marchándonos a otro lugar, a alguna parte fuera de la Tierra.

Estos dos cúmulos de capacidades, *a* y *b*, hacen que nuestro tiempo sea extraordinario de maneras directamente contradictorias que *a* refuerzan y *b* debilitan a la vez la argumentación de Gott. Desconozco el modo de predecir si las nuevas tecnologías destructivas van a acelerar, más que las nuevas tecnologías espaciales a retrasar, la extinción de la raza humana. Pero como nunca hasta ahora habíamos inventado los medios para autoaniquilarnos y nunca hasta ahora habíamos desarrollado la tecnología para colonizar otros mundos, opino que disponemos de elementos definitivos para afirmar que nuestro tiempo es extraordinario, precisamente en el contexto de la argumentación de Gott. Si eso es verdad, se incrementa de forma significativa el margen de error en este tipo de estimaciones en relación con la longevidad futura. Lo peor es todavía peor y lo mejor aún mejor: nuestras perspectivas a corto plazo son más sombrías si cabe y — en caso de que sobrevivamos al corto plazo — nuestras posibilidades a largo plazo son todavía más brillantes de lo que Gott calcula.

Pero el primer supuesto no es mayor causa de desesperación que el segundo lo es de complacencia. Nada nos obliga a desempeñar un papel de observadores pasivos, hundidos en el desánimo mientras nuestro destino se cumple inexorablemente. Si no podemos coger al destino por el cuello, quizá sí podamos desviarlo o suavizarlo, o bien escapar a él.

Naturalmente, debemos mantener habitable nuestro planeta, y no en un ocioso plazo de siglos o milenios, sino con urgencia, en pocas décadas o incluso años. Ello implicará cambios en su gobierno, en la industria, en la ética, en la economía y en la religión. Nunca hemos hecho antes nada similar, y menos a escala global. Puede que nos resulte difícil. Tal vez las tecnologías peligrosas se encuentren ya demasiado extendidas. La corrupción puede haber penetrado en exceso. Demasiados líderes pueden haberse centrado en el corto plazo, ignorando las perspectivas a largo plazo. Puede que haya demasiados grupos étnicos, naciones y estados en conflicto como para que pueda instituirse el cambio global adecuado.

Puede que seamos demasiado temerarios como para darnos cuenta de cuáles son los peligros reales o de que mucho de lo que escuchamos sobre ellos viene determinado por personas que tienen un interés consumado en reducir al mínimo cambios fundamentales.

Pero los humanos también poseemos tradición en aplicar cambios sociales duraderos que casi todo el mundo creía imposibles. Desde nuestros tiempos primigenios hemos trabajado no sólo para nuestro propio beneficio, sino también para el de nuestros hijos y nietos. Mis abuelos y mis padres lo hicieron por mí. A menudo, a pesar de nuestra diversidad, a pesar de los odios endémicos, nos hemos unido para hacer frente a un enemigo común. En nuestros días, parecemos mucho más dispuestos a reconocer los peligros que tenemos delante de lo que lo estábamos hace sólo una década. Las amenazas que hemos descubierto recientemente pesan sobre todos por igual. Nadie es capaz de decir lo que nos puede pasar.

La luna estaba donde crecía el árbol de la inmortalidad según la antigua leyenda china. Al parecer, el árbol de la longevidad, si no de la inmortalidad, crece de verdad en otros mundos. Si estuviéramos presentes ahí, entre los planetas, si hubiera comunidades humanas autosuficientes en muchos mundos, nuestra especie quedaría a resguardo de catástrofes. La reducción del escudo absorbente de la luz ultravioleta en un mundo supondría un aviso para que se prestara especial atención al problema en otro. Un impacto cataclísmico contra un planeta dejaría probablemente intactos todos los demás. Cuantos más representantes de nuestra especie haya más allá de la Tierra, cuanto mayor sea la diversidad de mundos que habitemos, más variada será la ingeniería planetaria, más rica la gama de sociedades y valores, y más segura podrá sentirse la especie humana.

Si creciéramos bajo tierra, en un mundo con una centésima de la gravedad de la Tierra en el que no vemos más que cielos negros a través de las portillas, tendríamos unas percepciones, intereses, prejuicios y predisposiciones muy distintos de los de una persona que habita en la superficie del planeta madre. Lo mismo nos sucedería si viviéramos en la superficie de Marte, dedicados al penoso esfuerzo de la terraformación, o en Venus, o en Titán. Esta estrategia —dividirnos en multitud de grupos reducidos y que se propagan, cada uno de ellos con aptitudes y preocupaciones diferentes, pero todos marcados por un orgullo local— ha sido empleada con profusión en el proceso de evolución de la vida sobre la Tierra y, en particular, por nuestros antepasados\*. De hecho, puede ser clave para la comprensión de por qué los humanos somos como somos.

Esta es la segunda de las justificaciones que faltaban para apoyar una presencia humana permanente en el espacio: mejorar nuestras posibilidades de supervivencia, no solamente en referencia a las catástrofes que podemos prever, sino también a las que no son previsibles. Gott aduce también que el hecho de establecer comunidades humanas en otros mundos es nuestra mejor baza para ganar nuestra apuesta.

---

\* Véase *Sombras de antepasados olvidados*, por Cari Sagan y Ann Druyan, Planeta, Barcelona, 1993.

Contratar esta póliza de seguros no ha de salir demasiado caro, no a la escala a la que hacemos las cosas en la Tierra. Ni siquiera requeriría doblar los presupuestos espaciales de las naciones que se hallan actualmente en condiciones de viajar al espacio (presupuestos que, en todos los casos, suponen únicamente pequeñas fracciones de los destinados a defensa y de muchos desembolsos voluntarios que podrían considerarse marginales o incluso frívolos). Pronto podríamos estar estableciendo asentamientos humanos en asteroides cercanos a la Tierra y colocando bases en Marte. Sabemos cómo hacerlo, incluso con la tecnología actual, en un plazo inferior a una vida humana. Y la tecnología progresará con rapidez. Iremos mejorando en lo que se refiere a los vuelos espaciales.

Un esfuerzo serio para mandar seres humanos a otros mundos es, en términos relativos, tan barato sobre una base anual que no puede suponer una competencia seria para las agendas sociales urgentes que tiene hoy planteadas la Tierra. Si elegimos ese camino, una tromba de imágenes de otros mundos lloverá sobre la Tierra a la velocidad de la luz. La realidad virtual hará accesible la aventura para los millones de individuos que se han quedado en casa. La participación indirecta será mucho más real que en cualquier otra época de exploración y descubrimientos. Y a cuantas más culturas y personas logre inspirar y estimular, más posibilidades tendrá de salir adelante.

Pero podríamos preguntarnos qué derecho tenemos nosotros a habitar, alterar y conquistar otros mundos. Ésa sería una pregunta importante si hubiera alguien más viviendo en el sistema solar. No obstante, si no hay nadie más que nosotros, ¿por qué no vamos a tener derecho a colonizarlo?

Naturalmente, nuestra exploración y colonización debería estar presidida en todo momento por el respeto a los entornos medioambientales planetarios y al conocimiento científico que encierran. Se trata de una cuestión de simple prudencia. Es evidente también que la exploración y los asentamientos deberían emprenderse de manera equitativa y transnacional, por representantes de toda la especie humana. Nuestra pasada historia colonial no puede servirnos de ejemplo, pues esta vez no estaremos motivados por el oro, las especias, los esclavos o el afán de convertir a los paganos a la única fe verdadera, como lo estaban los exploradores europeos de los siglos XV y XVI. En realidad, ésta es una de las principales razones por las que estamos experimentando un progreso tan intermitente, tan a trompicones, de los programas espaciales tripulados de todas las naciones.

A pesar de todos los provincialismos de los que me he quejado al principio de este libro, en este aspecto me considero un chauvinista humano sin excusa. Si hubiera otros seres vivos en este sistema solar, se verían acechados por un peligro inminente porque los humanos estaban al caer. En un caso así, incluso se me podría convencer de que salvaguardar nuestra especie conquistando otros mundos constituiría una equivocación, al menos en parte, dado el peligro que representaríamos para todos los demás. Pero, en la medida en que podemos



asegararlo, por lo menos hasta hoy, no hay más vida en este sistema solar, ni siquiera un triste microbio. Solamente hay vida en la Tierra.

En tal caso, en beneficio de la vida terrestre, me atrevo a urgir a que, con pleno conocimiento de nuestras limitaciones, incrementemos ampliamente nuestro conocimiento del sistema solar y nos dispongamos a colonizar otros mundos.

Éstos son los argumentos prácticos que faltaban: salvaguardar la Tierra de impactos catastróficos de otro modo inevitables y compensar nuestra apuesta por muchas otras amenazas, conocidas y desconocidas, para el entorno que nos da la vida. En ausencia de estos argumentos, quizá nos faltarían razones de peso para defender el hecho de mandar seres humanos a Marte y a otros lugares del espacio. Pero con ellos y con los argumentos colaterales relacionados con ciencia, educación, perspectiva y esperanza, opino que la cuestión es susceptible de ser defendida con convicción. Si está en juego nuestra supervivencia a largo plazo, tenemos la responsabilidad fundamental para con nuestra especie de aventurarnos hacia otros mundos.

Marineros estancados en la calma chicha, sentimos la agitación de la brisa.

# DE PUNTILLAS POR LA VÍA LÁCTEA

Juro por la protección de los astros (un poderoso juramento, si supieras)...

Corán, sura 56

(siglo VII)

Es evidente que resulta extraño dejar de habitar la Tierra, renunciar a unas costumbres que uno apenas ha tenido tiempo de aprender...

RAINER MARÍA RILKE, «La primera elegía»

(1923)

La perspectiva de escalar al firmamento, de ascender al cielo, de alterar otros mundos para que sirvan a nuestros propósitos –independientemente de que llevemos buenas intenciones– dispara de inmediato la alarma: recordamos entonces la inclinación humana hacia el orgullo presuntuoso; nos viene a la memoria nuestra falibilidad y nuestros juicios errados cuando nos vemos confrontados con nuevas y poderosas tecnologías. Rememoramos la historia de la torre de Babel, un edificio «que debía llegar al cielo» y el temor de Dios a que nuestra especie «no encuentre restricciones en nada de lo que se haya propuesto hacer».

Ahí está el salmo 15, que reivindica la filiación divina de los demás mundos: «Los cielos pertenecen al Señor, pero ha cedido la Tierra para los hijos del hombre.» O la versión de Platón del análogo griego de Babel, la leyenda de Otys y Ephialtes. Hubo unos mortales que «se atrevieron a subir al cielo». Los dioses se vieron ante la necesidad de tener que elegir. ¿Debían eliminar a esos advenedizos humanos «y aniquilar su raza enviándoles un rayo»? Por una parte, «eso significaría el fin de los sacrificios y de la devoción que les ofrecían los hombres», prebendas a las que ellos no deseaban renunciar. «Pero, por otra parte, los dioses no podían tolerar que tamaña insolencia quedara impune.»

Sin embargo, si a largo plazo no tenemos otra alternativa, si nuestra elección está entre muchos mundos o ninguno, lo que necesitamos son otro tipo de leyendas, leyendas que nos estimulen. Y de hecho existen. Muchas religiones, del hinduismo al cristianismo gnóstico, pasando por la doctrina mormona, postulan – por más impío que pueda sonar – que el objetivo del ser humano estriba en alcanzar la condición de dios. O bien consideremos una historia que aparece en el Talmud judío y que fue omitida en el libro del Génesis. (Se halla en indudable relación con el relato de la manzana, el árbol del conocimiento, el pecado original y la expulsión del Edén.) En el jardín del Paraíso, Dios dice a Eva y a Adán que ha

dejado intencionadamente inacabado el universo. Será responsabilidad de los humanos, a lo largo de incontables generaciones, colaborar con Dios en un «glorioso» experimento, el de «concluir la Creación».

Una responsabilidad de esa envergadura supone una carga pesada, especialmente para una especie tan débil e imperfecta como la nuestra, con una historia tan desdichada. Nada remotamente similar a la «conclusión» puede abordarse sin un nivel mucho mayor de conocimientos del que hoy poseemos. Pero tal vez si nuestra misma existencia corre peligro, nos veremos capaces de estar a la altura de ese desafío supremo.

Aunque no empleó prácticamente ninguno de los argumentos del capítulo anterior, Robert Goddard intuyó que «debía emprenderse la navegación del espacio interplanetario para asegurar la continuidad de la raza». Konstantin Tsiolkovsky expresó una opinión similar:

Existen incontables planetas, muchas Tierras isla... El hombre ocupa una de ellas.  
¿Por qué no iba a aprovecharse de otras y del poder de innumerables soles?...  
Cuando el Sol haya agotado su energía, sería lógico abandonarlo y buscar otra estrella, recién alumbrada y en toda su plenitud.

Y ello podrían emprenderlo antes, sugirió, mucho antes de que el Sol muera, «almas aventureras, en busca de mundos frescos por conquistar».

No obstante, cuando reviso toda esta argumentación, me preocupa. ¿Recuerda demasiado a Buck Rogers? ¿Acaso exige una confianza absurda en la tecnología futura? ¿Ignora mis propias advertencias acerca de la falibilidad humana? Lo que es seguro es que, a corto plazo, predispone en contra de las naciones tecnológicamente menos desarrolladas. ¿No existen alternativas prácticas para evitar estos peligros latentes?

Todos los problemas medioambientales que nos hemos autoinfligido, todas nuestras armas de destrucción masiva son productos de la ciencia y la tecnología. Podríamos pensar quizá en retirarnos de la vía científica y tecnológica. Podríamos admitir que, sencillamente, esas herramientas queman demasiado para tocarlas. Podríamos optar por crear una sociedad más simple, en la que aunque seamos descuidados o cortos de miras, no nos sea posible alterar el medio ambiente a escala global o incluso regional. Podríamos retroceder hacia un nivel tecnológico mínimo, intensivo en el ámbito de la agricultura, con rigurosos controles sobre los nuevos conocimientos. Una teocracia autoritaria constituye un método probado para hacer cumplir los controles.

Sin embargo, una cultura mundial de esas características es inestable, a largo plazo si no a corto, dada la velocidad de los avances tecnológicos. La propensión humana hacia el progreso, la envidia y la competencia latirán siempre en el subsuelo; tarde o temprano se aprovecharán las oportunidades para conseguir una ventaja local. A menos que se impongan severas restricciones sobre el pensamiento y la acción, en un tris estaremos de nuevo donde nos hallamos hoy. Una sociedad tan controlada debe garantizar enormes poderes a la élite que lleva a cabo el

control, invitando al abuso flagrante y a una eventual rebelión. Es muy difícil — una vez conocidas las riquezas, comodidades y medicinas capaces de salvar vidas que ofrece la tecnología— ahogar el ingenio y la avidez humanos. Y mientras semejante involución de la civilización global, de ser posible, solucionaría previsiblemente el problema de la catástrofe tecnológica autoinfligida, nos dejaría por otra parte indefensos frente a eventuales impactos de asteroides y cometas.

También podríamos imaginarnos retrocediendo mucho más atrás, hasta la sociedad de cazadores-recolectores, en la que viviríamos de los productos naturales de la tierra y abandonaríamos incluso la agricultura. La jabalina, el arco, las flechas y el fuego serían en ese caso toda la tecnología que necesitaríamos. Pero la Tierra podría mantener como mucho a unas pocas decenas de millones de cazadores-recolectores. ¿Cómo podríamos reducir la población hasta esos niveles sin instigar las mismas catástrofes que tratamos de evitar? Aparte de eso, apenas sabríamos vivir como cazadores-recolectores: hemos olvidado cómo era su cultura, sus habilidades, sus herramientas. Hemos acabado con casi todos los que quedaban y destruido gran parte del entorno que los sustentaba. Exceptuando una minúscula fracción de nosotros, posiblemente no seríamos capaces, aun asignándole la máxima prioridad, de volver atrás. Y de nuevo, aunque pudiéramos retroceder, quedaríamos indefensos ante la catástrofe del impacto que inexorablemente llegará.

Las alternativas parecen más que crueles: son ineficaces. Muchos de los peligros a los que nos enfrentamos arrancan, efectivamente, de la ciencia y la tecnología, pero más concretamente porque nos hemos vuelto poderosos sin volvernos sensatos en la misma medida. Los poderes capaces de alterar el mundo que la tecnología ha puesto en nuestras manos requieren hoy un grado de consideración y previsión que nunca se nos había exigido con anterioridad.

La ciencia ofrece dos caminos, está claro; sus productos pueden utilizarse para el bien y para el mal. Pero no hay vuelta atrás para la ciencia. Las primeras advertencias acerca de los peligros tecnológicos proceden también de la ciencia. Y las soluciones pueden muy bien exigir más de nosotros que un simple arreglo tecnológico. Muchas personas tendrán que adquirir cultura científica. Puede que tengamos que cambiar instituciones y comportamientos. Pero nuestros problemas, sea cual sea su origen, no pueden ser solventados prescindiendo de la ciencia. Tanto las tecnologías que nos amenazan como la eliminación de esas amenazas manan de la misma fuente. Ambas corren parejas.

En cambio, con sociedades humanas establecidas en diversos mundos, nuestras perspectivas serían mucho más favorables. Nuestros valores estarían diversificados. Habríamos colocado nuestros huevos, casi literalmente, repartidos en varias cestas. Cada sociedad se sentiría inclinada a estar orgullosa de las virtudes de su mundo, de su ingeniería planetaria, de sus convenciones sociales, de sus predisposiciones hereditarias. Necesariamente, se cuidarían y exagerarían las diferencias culturales. Esa diversidad serviría como herramienta de supervivencia.

Cuando los asentamientos fuera de la Tierra fueran más capaces de valerse por sí mismos, tendrían buenas razones para fomentar el avance tecnológico, la abertura de miras y la aventura, aunque los que quedaran en la Tierra estuvieran obligados a ser cautelosos, a temer los nuevos conocimientos y a instituir controles sociales draconianos. Una vez asentadas las primeras comunidades autosuficientes en otros mundos, quizá los habitantes de la Tierra pudieran también relajarse un poco y volverse más alegres. Los humanos en el espacio proporcionarían a los de la Tierra una protección real contra excepcionales pero catastróficas colisiones de asteroides o cometas con trayectorias errantes. Naturalmente, por esa misma razón, los humanos residentes en el espacio dominarían en caso de alguna disputa seria con los de la Tierra.

Las perspectivas de una época así contrastan enormemente con las predicciones que apuntan a que el progreso de la ciencia y la tecnología se encuentran actualmente cerca de un límite asintótico; que el arte, la literatura y la música nunca se acercarán, y mucho menos superarán, el apogeo que nuestra especie ha alcanzado ya en alguna ocasión, y que la vida política sobre la Tierra está a punto de cristalizar en un gobierno mundial de corte democrático liberal, estable como una roca, identificado, según Hegel, como «el final de la historia». Una expansión de estas características hacia el espacio contrasta también con una tendencia — distinta pero claramente perceptible en los últimos tiempos— hacia el autoritarismo, la censura, los conflictos étnicos y un profundo recelo ante la curiosidad y las ganas de aprender. En cambio, pienso que, después de una etapa de limpieza a fondo, la colonización del sistema solar presagia una era abierta a deslumbrantes avances de la ciencia y la tecnología, el florecimiento cultural, así como experimentos de gran alcance tanto ahí arriba, en el cielo, como aquí abajo, en nuestra organización social y de gobierno. En más de un contexto, la exploración del sistema solar y la toma de posiciones en otros mundos constituye, más que el final, el comienzo de la historia.

Resulta imposible, al menos para nosotros, los seres humanos, adivinar el futuro, y todavía más con siglos de antelación. Nadie lo ha logrado nunca, al menos de forma coherente y detallada. Y, desde luego, yo no me considero capaz de hacerlo. Si he llegado, admito que con cierto azoramiento, tan lejos como lo he hecho hasta ahora en este libro, es porque estamos sólo empezando a reconocer los retos verdaderamente sin precedentes que ha traído consigo nuestra tecnología. En mi opinión, estos desafíos tienen en ciertos casos implicaciones directas, algunas de las cuales he tratado de exponer con brevedad. También conllevan implicaciones menos directas, a mucho más largo plazo, de las que me siento aún menos seguro. Sin embargo, me gustaría exponerlas también a su consideración:

Incluso cuando nuestros descendientes se hayan establecido en los asteroides cercanos a la Tierra, en Marte, así como en las lunas del sistema solar exterior y del Cinturón de cometas Kuiper, no estarán del todo seguros. A la larga, el Sol puede generar asombrosos estallidos de rayos X y ultravioletas; el sistema solar entrará en una de las enormes nubes interestelares cercanas que se hallan al acecho y los

planetas se oscurecerán y enfriarán; una lluvia de letales cometas surgirá rugiendo de la Nube de Oort, amenazando las civilizaciones de muchos mundos adyacentes; nos daremos cuenta de que una estrella de las proximidades está a punto de convertirse en una supernova. En el largo plazo *real*, el Sol —de camino a convertirse en una estrella gigante roja— se irá haciendo más grande y brillante, el aire y el agua de la Tierra comenzarán a escaparse al espacio, el suelo se carbonizará, los océanos hervirán y se evaporarán, las rocas se vaporizarán y es posible, incluso, que nuestro planeta sea engullido por el Sol.

Lejos de haber sido creado para nosotros, con el tiempo el sistema solar se volverá demasiado peligroso para nuestra especie. A la larga, tener todos los huevos guardados en una sola cesta estelar, independientemente de lo fiable que haya sido hasta ahora el sistema solar, puede resultar demasiado arriesgado. A largo plazo, pues, como supieron reconocer hace mucho tiempo Tsiolkovsky y Goddard, deberemos abandonar el sistema solar.

Pero si eso es cierto por cuanto respecta a nosotros, ¿por qué no va a serlo para otros? Y si es cierto en lo que afecta a otros seres, ¿por qué no están aquí? Existen muchas respuestas posibles, incluyendo el punto de vista de que *ya* nos han visitado, si bien, lamentablemente, las evidencias que lo apoyan son prácticamente insignificantes. O puede que no haya nadie más ahí fuera, porque se destruyen a sí mismos, casi sin excepción, antes de alcanzar la facultad de volar al espacio interestelar; o porque, en una galaxia de cuatrocientos mil millones de soles, la nuestra es la primera civilización técnica.

Una explicación más plausible, pienso yo, emana del simple hecho de que el espacio es inmenso y las estrellas están separadas por enormes distancias. Aunque existieran civilizaciones mucho más antiguas y avanzadas que la nuestra —expandiéndose a partir de sus mundos de origen, remodelando nuevos mundos y prosiguiendo luego su camino hacia otras estrellas— sería improbable, según los cálculos realizados por William I. Newman, de UCLA, y yo mismo, que hubieran llegado aquí. Y dado que la velocidad de la luz es finita, las señales de TV y radar que deberían anunciarles que en un planeta del Sol ha surgido una civilización técnica, no los han alcanzado. Todavía.

En caso de que las estimaciones optimistas tuvieran validez y una de entre cada millón de estrellas amparara a una civilización tecnológica cercana, y si todas ellas estuvieran esparcidas al azar por la galaxia Vía Láctea —si se cumplieran esas condiciones—, la más cercana, recordémoslo, estaría situada a unos cuantos cientos de años luz de distancia: lo más cerca, tal vez cien años luz, pero es más probable que estuviera a mil años luz, y, naturalmente, quizá no se encuentra en ninguna parte, independientemente de la distancia. Supongamos que la civilización más cercana sobre un planeta perteneciente a otra estrella se sitúa, por decir algo, a doscientos años luz. En ese caso, dentro de unos ciento cincuenta años empezarán a recibir nuestras débiles emisiones de televisión y radar de los años posteriores a la segunda guerra mundial. ¿Qué van a hacer con eso? A cada año que pase aumentará la intensidad de la señal, ésta se hará más interesante y tal vez más

alarmante. Con el tiempo puede que se decidan a contestar: ya sea devolviendo un mensaje de radio o bien honrándonos con una visita. En ambos casos la respuesta se verá limitada, probablemente, por el valor finito de la velocidad de la luz. Con estos números tan descaradamente inciertos, la respuesta a nuestra llamada no intencionada a las profundidades del espacio, enviada a mitad del presente siglo, no nos llegará hasta los albores del año 2350. Si se encuentran aún más lejos, claro está, tardará más tiempo; y si lo están mucho más, todavía más. Existe la interesante posibilidad de que nuestra primera recepción de un mensaje procedente de una civilización extraterrestre, un mensaje expresamente dirigido a nosotros (no simplemente un boletín lanzado al buen tuntún), se produzca en una época en la que estemos bien situados en muchos mundos de nuestro sistema solar, preparándonos ya para proseguir nuestra expansión.

No obstante, con mensaje o sin él, tendremos motivos suficientes para continuar adelante, en busca de otros sistemas solares. O — todavía más seguro para nosotros en este imprevisible y violento sector de la galaxia — para separar a una porción de nuestra especie en hábitats autosuficientes en el espacio interestelar, lejos de los peligros que suponen las estrellas. Un futuro así iría evolucionando, según mi parecer, de forma natural, mediante pequeños incrementos, aun en ausencia de un claro objetivo de viaje interestelar:

Por razones de seguridad, algunas comunidades podrían optar por romper sus vínculos con el resto de la Humanidad y seguir su camino sin influencias de otras sociedades, con códigos éticos distintos y otros imperativos tecnológicos. En una época en que los cometas y asteroides serían reposicionados de manera rutinaria, tendríamos la potestad de poblar un mundo pequeño y luego dejar que funcionara a su libre albedrío. En generaciones sucesivas, a medida que dicho mundo se fuera alejando, la Tierra iría cambiando para ellos de estrella brillante a pálido puntito y, al final, acabaría por desaparecer; el Sol se iría apagando hasta quedar en un punto vagamente amarillo, perdido entre otros miles. Los viajeros irían acercándose a la noche interestelar. Algunas de esas comunidades se contentarían tal vez con comunicaciones esporádicas por radio y por láser con sus mundos de origen. Otras, confiadas de la superioridad de sus propias posibilidades de supervivencia y precavidas ante la contaminación, intentarían quizá desaparecer. Puede que al final se perdiera todo contacto con ellos y su misma existencia quedara relegada al olvido.

No obstante, los recursos de un asteroide o cometa son finitos, por grande que éste sea, y a la larga sería necesario buscarlos en otra parte, especialmente el agua, indispensable para beber, para el mantenimiento de una atmósfera respirable de oxígeno y para conseguir la energía necesaria para los reactores de fusión. Así pues, a largo plazo, estas comunidades deberían migrar de mundo en mundo sin demostrar una lealtad duradera a ninguno. Podríamos llamarlo «colonización» o también «toma de posiciones», aunque un observador menos escrupuloso tal vez lo describiera como explotación descarada de los recursos de un pequeño mundo tras otro. Pero la Nube de cometas de Oort se compone de un billón de pequeños

mundos.

Viviendo en grupos pequeños, en un modesto mundo madrastra lejos del Sol, tendríamos muy presente que cada migaja de alimento y cada gota de agua que consumimos depende del funcionamiento ininterrumpido de una tecnología previsor, pero estas condiciones no son radicalmente distintas de aquellas a las que ya estamos acostumbrados. Extraer recursos del subsuelo y dar caza a los que transitan ante nosotros se nos antoja singularmente familiar, como un olvidado recuerdo de infancia: es, con unos cuantos cambios significativos, la estrategia de nuestros antepasados cazadores-recolectores. Durante el 99,9 % de la andadura del hombre sobre la Tierra hemos llevado este tipo de vida. A juzgar por la existencia de algunos de los últimos supervivientes cazadores-recolectores antes de que fueran engullidos por la civilización global de nuestros días, debimos de ser relativamente felices. Ese es el tipo de vida que nos forjó. Así pues, tras un breve experimento saldado con un éxito parcial podemos convertirnos en nómadas una vez más, más tecnológicos, eso sí, que la última vez, pero incluso en aquel entonces nuestra tecnología —los instrumentos de piedra y el fuego— fueron nuestra única baza para luchar contra la extinción.

Si la salvación reside en el aislamiento y la lejanía, nuestros descendientes emigrarán a la larga hacia los cometas más exteriores de la Nube de Oort. Con un billón de núcleos cometarios, cada uno de ellos separado del siguiente por una distancia equiparable a la que media entre la Tierra y Marte, habrá mucho por hacer ahí fuera.

Aunque no tengamos demasiada prisa, puede que para entonces seamos capaces de hacer que los mundos pequeños se muevan a mayor velocidad de lo que hoy conseguimos que lo haga una nave espacial. De ser así, nuestros descendientes acabarán por adelantar a las dos naves *Voyager*, lanzadas en el remoto siglo XX, antes de que éstas dejen atrás la Nube de Oort para adentrarse en el espacio interestelar. Tal vez decidan recuperar estas astronaves, auténticas reliquias del pasado. O quizá opten por permitir que prosigan su camino.

El margen más exterior de la Nube de Oort del Sol se halla posiblemente a mitad de camino hasta la estrella más cercana. No todas las estrellas poseen una Nube de Oort, pero es probable que muchas sí la tengan. Cuando el Sol pase junto a estrellas cercanas, nuestra Nube de Oort se encontrará —y en parte pasará a su través— con otras nubes de cometas, como dos enjambres de abejas interpenetrándose sin colisionar. En ese momento, ocupar un cometa de otra estrella no debería resultar mucho más difícil que colonizar uno de la nuestra. Desde las fronteras de algún otro sistema solar, los hijos del punto azul atisbarían anhelosamente los puntos de luz ambulantes, que denotarían cuantiosos (y bien iluminados) planetas. Algunas comunidades —sintiendo agitarse en su interior el antiguo amor humano por los océanos y la luz solar— optarían por iniciar el largo viaje de descenso hacia los brillantes, pálidos y acogedores planetas de un nuevo sol.

Otras comunidades tal vez consideraran esa estrategia como una debilidad. No



en vano los planetas van asociados con catástrofes naturales; pueden, además, albergar vida inteligente; son fácilmente localizables por otros seres. Es mejor continuar en la oscuridad. Mejor diseminarse por numerosos mundos pequeños y oscuros. Mejor permanecer ocultos.

En cuanto seamos capaces de enviar nuestras máquinas y a nosotros mismos lejos de los planetas, cuando penetremos por fin en el teatro de operaciones del universo, es muy probable que nos topemos con fenómenos que no tengan parangón con nada de lo que nos hemos encontrado hasta ahora. He aquí tres ejemplos:

Primero: alejándonos unas 550 unidades astronómicas (UA) —unas diez veces más lejos del Sol que Júpiter, y por ello mucho más accesible que la Nube de Oort—, daremos con un fenómeno extraordinario. Al igual que una lente ordinaria enfoca imágenes distantes, la gravedad también. (El enfoque a través del campo gravitatorio de estrellas y galaxias distantes está empezando a ser detectado en la actualidad.) A 550 UA del Sol —a sólo un año de distancia si pudiéramos viajar a un uno por ciento de la velocidad de la luz— es donde comienza el enfoque (aunque si se tienen en cuenta los efectos de la corona solar, el halo de gas ionizado que rodea al Sol, el enfoque puede situarse considerablemente más lejos). En esa zona, las remotas señales de radio aumentan enormemente, amplificando susurros. La ampliación de imágenes distantes nos permitiría (con un radiotelescopio modesto) distinguir un continente desde la distancia de la estrella más cercana y el sistema solar interior desde la distancia de la galaxia espiral más próxima. Si tenemos libertad para hacer deambular una esfera imaginaria a la distancia focal apropiada y centrada en el Sol, también somos libres de explorar el universo con un maravilloso aumento, contemplarlo con una claridad sin precedentes, escuchar furtivamente las señales de radio de civilizaciones remotas, si hay alguna, y dar un vistazo a los primeros acontecimientos que se produjeron en su historia. Alternativamente, la lente podría utilizarse al revés, para amplificar una muy modesta señal de las nuestras, a fin de que pudiera ser oída a distancias inmensas. Existen razones que nos atraen a cientos y miles de UA. Otras civilizaciones tendrán sus propias regiones de enfoque gravitatorio, dependiendo de la masa y el radio de sus estrellas, algunas un poco más cerca y otras un poco más lejos que la nuestra. El enfoque gravitatorio puede servir a las civilizaciones de aliciente común para explorar las regiones que se encuentran justo después de las partes planetarias de sus sistemas solares.

Segundo: pensemos un momento en enanas marrones, hipotéticas estrellas de muy baja temperatura, considerablemente más masivas que Júpiter, pero mucho menos que el Sol. Nadie sabe si las enanas marrones existen. Algunos expertos, utilizando las masas de estrellas más cercanas para detectar la presencia de otras más distantes mediante enfoque gravitatorio, reivindican haber hallado evidencias de la existencia de enanas marrones. A partir de la minúscula fracción del cielo que se ha observado hasta ahora mediante esta técnica, se deduce un número enorme de enanas marrones. Si eso es verdad, puede haber en la galaxia más enanas

marrones que planetas. En los años cincuenta, el astrónomo Harlow Shapley, de Harvard, sugirió que las enanas marrones —él las llamaba «estrellas liliputienses»— estaban habitadas. Imaginó sus superficies tan cálidas como un día de junio en Cambridge, y con abundante terreno.

Tercero: el físico B. J. Carr y Stephen Hawking, de la Universidad de Cambridge, han demostrado que fluctuaciones en la densidad de la materia, en los estadios más primitivos del universo, podrían haber generado una amplia variedad de pequeños agujeros negros. Los agujeros negros primordiales —en caso de existir— deben desintegrarse emitiendo radiación al espacio, a consecuencia de las leyes de la mecánica cuántica. Cuanto menos masivo es el agujero negro, más rápido se disipa. Cualquier agujero negro primordial que actualmente se encuentre en sus fases finales de desintegración tendría que pesar casi tanto como una montaña. Todos los menores que eso han desaparecido. Dado que la abundancia —por no mencionar la existencia— de agujeros negros primordiales depende de lo que ocurrió en los primeros momentos tras el big bang, nadie puede tener la certeza de que vaya a encontrarse alguno; y desde luego no podemos saber si hay alguno cerca de nosotros. No se han establecido límites superiores demasiado restrictivos en lo que se refiere a la cantidad, al no haber podido hasta ahora detectar pulsos de rayos gamma, un componente de la radiación Hawking.

En un estudio separado, G. E. Brown, de Caltech, y el pionero físico nuclear Hans Bethe, de Cornell, sugieren que cerca de mil millones de agujeros negros no primordiales, generados en los procesos evolutivos de las estrellas, se hallan esparcidos por la galaxia. De ser así, el más cercano podría estar solamente a diez o veinte años luz de distancia.

Si hay agujeros negros a nuestro alcance —ya sean tan masivos como montañas o como estrellas— dispondremos de unos fenómenos físicos sorprendentes para estudiar, así como una formidable nueva fuente de energía. En modo alguno estoy afirmando que existan enanas marrones y agujeros negros primordiales a una distancia de pocos años luz o donde sea. Pero cuando penetremos en el espacio interestelar, será inevitable que tropecemos con categorías completamente nuevas de maravillas, algunas de ellas con aplicaciones prácticas transfiguradoras.

No sé dónde concluye mi argumentación. Cuando pase más tiempo, nuevos y atractivos habitantes del zoo cósmico nos atraerán todavía más hacia fuera, y catástrofes letales crecientemente improbables tendrán que producirse. Las probabilidades son acumulativas. Pero, a medida que vaya transcurriendo el tiempo, las especies tecnológicas irán acrecentando más y más sus poderes, superando con mucho lo que hoy somos capaces de imaginar. Tal vez, si somos muy ingeniosos (la suerte, pienso yo, no va a ser suficiente), finalmente nos multiplicaremos lejos de casa, navegando a través del estrellado archipiélago de la inmensa galaxia Vía Láctea. En el caso de que encontremos a alguien más —o, más probablemente, de que nos encuentren— nos relacionaremos de manera armoniosa. Dado que es muy probable que otras civilizaciones de navegantes del espacio sean mucho más avanzadas que nosotros, los humanos pendencieros no

tendrán demasiadas posibilidades de perdurar en el espacio interestelar.

A la larga, nuestro futuro podría ser como Voltaire –precisamente él tenía que ser– lo imaginó:

A veces con la ayuda de un rayo de sol, y otras por la conveniencia de un cometa, fueron deslizándose de esfera en esfera, como un pájaro salta de rama en rama. En muy poco tiempo, atravesaban raudos la Vía Láctea...

Estamos descubriendo, incluso ahora, enormes cantidades de discos de gas y polvo alrededor de estrellas jóvenes, las mismas estructuras a partir de las cuales, 4500 millones de años atrás en nuestro sistema solar, se formaron la Tierra y los planetas. Estamos empezando a comprender cómo finos granos de polvo se convierten en mundos, cómo grandes planetas similares a la Tierra se acretan y luego capturan rápidamente hidrógeno y helio para formar los núcleos ocultos de gigantes gaseosos, y cómo los pequeños planetas terrestres se quedan comparativamente escasos de atmósfera. Estamos reconstruyendo la historia de los mundos, cómo se reunieron principalmente hielos y materia orgánica en los fríos suburbios del sistema solar primitivo, y básicamente roca y metal en las regiones interiores calentadas por un joven Sol. Hemos empezado a reconocer el papel predominante de las colisiones primitivas a la hora de voltear mundos, excavar enormes cráteres y cuencas en sus superficies e interiores, hacerlos girar, crear y destruir lunas, formar anillos, y luego depositar una capa de materia orgánica, a modo de hábil toque final en la creación de mundos. Estamos empezando a aplicar este conocimiento a otros sistemas.

En las próximas décadas dispondremos de una oportunidad real para examinar la disposición y algo de la composición de muchos otros sistemas planetarios maduros que rodean a estrellas cercanas. Empezaremos a conocer qué aspectos de nuestro sistema constituyen la regla y qué otros la excepción. ¿Qué resulta más común, planetas como Júpiter, planetas como Neptuno o planetas como la Tierra? ¿O bien todos los demás sistemas poseen Júpiteres, Neptunos y Tierras? ¿Qué otras categorías de mundo existen que desconozcamos en la actualidad? ¿Están todos los sistemas solares incrustados en una vasta nube esférica de cometas? La mayor parte de las estrellas del cielo no son soles solitarios como el nuestro, sino sistemas dobles o múltiples en los cuales las estrellas se orbitan mutuamente. ¿Hay planetas en esos sistemas? De ser así, ¿cómo son? Si, como ahora creemos, los sistemas planetarios constituyen una consecuencia rutinaria del origen de soles, ¿han seguido en otra parte caminos evolutivos muy distintos? ¿Qué aspecto tienen los sistemas planetarios más antiguos, miles de millones de años más evolucionados que el nuestro? En los próximos siglos nuestro conocimiento de otros sistemas tendrá un alcance cada vez mayor. Empezaremos a saber cuáles debemos visitar, cuáles sembrar y cuáles colonizar.

Imaginemos que pudiéramos acelerar de forma continua a 1 g –con lo bien que se está en nuestra vieja tierra firme– hasta la mitad del viaje, y decelerar de forma continua a 1 g hasta que alcanzáramos nuestro destino. En ese caso, nos llevaría un

día llegar a Marte, una semana y media a Plutón, un año a la Nube de Oort y unos pocos años a las estrellas más cercanas.

Incluso una modesta extrapolación de nuestros avances recientes en el ámbito del transporte sugiere que, en sólo unos pocos siglos, seremos capaces de viajar a una velocidad cercana a la de la luz. Quizá sea una predicción desesperadamente optimista. Tal vez, en realidad, tardemos milenios o más. Pero, a menos que nos autodestruyamos antes, estaremos inventando nuevas tecnologías, tan extrañas para nosotros como los *Voyager* lo serían para nuestros antepasados cazadores-recolectores. Ya en la actualidad podemos imaginar maneras –torpes, ruinosamente caras e ineficaces, sin duda alguna– de construir una nave espacial que se aproxime a la velocidad de la luz. Con el tiempo, los diseños se harán más elegantes, más asequibles, más eficientes. Llegará un día en que superaremos la necesidad de saltar de cometa en cometa. Comenzaremos a planear sobre los años luz y, como dijo san Agustín de los dioses de los antiguos griegos y romanos, colonizaremos el cielo.

Esos descendientes pueden estar a decenas o centenas de generaciones de distancia de todo el que alguna vez habitó la superficie de un planeta. Sus culturas serán diferentes, sus tecnologías mucho más avanzadas, su asociación con la inteligencia mecánica mucho más íntima, sus lenguajes habrán cambiado, y quizá su misma apariencia estará marcadamente alterada en comparación con la de sus casi míticos antepasados que intentaron por primera vez, avanzado el siglo XX, zarpar hacia el mar del espacio. Pero serán humanos, al menos en una parte importante; serán profesionales de la alta tecnología; tendrán memoria histórica. A pesar del juicio de Agustín sobre la mujer de Lot, de que «nadie que sea salvado debe añorar lo que deja atrás», ellos no olvidarán del todo la Tierra.

Pero estamos muy lejos de estar preparados, puede estar pensando alguien. Como escribió Voltaire en su *Memnon*, «nuestro pequeño globo terráqueo es el manicomio de esos cien mil millones de mundos».\*

Nosotros, que ni siquiera somos capaces de poner orden en nuestro propio hogar planetario, convulsionado por rivalidades y odios, nosotros que saqueamos nuestro entorno medioambiental, nos matamos unos a otros llevados por la ira y el descuido, así como de forma intencionada; una especie, además, que hasta hace muy poco tiempo estaba convencida de que el universo se había creado para su exclusivo beneficio... ¿nosotros vamos a aventurarnos en el espacio, desplazar mundos, remodelar planetas y extendernos a sistemas estelares vecinos?

Me imagino que no seremos precisamente *nosotros*, con nuestras actuales costumbres y convenciones sociales, los que estaremos presentes ahí fuera. Si continuamos acumulando solamente poder y no sensatez, con toda seguridad nos autodestruiremos. Nuestra misma existencia en ese futuro distante requiere que hayamos cambiado nuestras instituciones y también nuestra forma de ser. ¿Cómo puedo atreverme a efectuar suposiciones sobre los humanos en un futuro lejano?

---

\* Un valor que precisamente se aproxima a las estimaciones modernas del número de planetas que orbitan a estrellas en la galaxia Vía Láctea.

Yo creo que es una mera cuestión de selección natural. Si nos volvemos sólo un poco más violentos, cortos de miras, ignorantes y egoístas de lo que somos hoy, casi seguro que no tendremos futuro.

Si es usted joven, cabe la posibilidad de que a lo largo de su vida demos los primeros pasos sobre los asteroides cercanos y sobre Marte. Extender esa predicción a las lunas de los planetas jovianos y al Cinturón de cometas Kuiper exigirá más generaciones. La Nube de Oort deberá esperar todavía mucho más. Cuando llegue la época en que estemos preparados para colonizar otros sistemas planetarios, incluso los más cercanos, habremos cambiado. El simple tránsito de tantas generaciones nos habrá cambiado. Las diferentes circunstancias bajo las que viviremos nos habrán cambiado. Las prótesis y la ingeniería genética nos habrán cambiado. La necesidad nos habrá cambiado. Somos una especie adaptable.

No seremos nosotros los que alcancemos Alpha Centauri y las demás estrellas cercanas. Será una especie muy parecida, pero con mayor presencia de nuestras virtudes y menos de nuestros defectos, una especie que ha regresado a unas circunstancias más parecidas a aquellas para las cuales evolucionó, más confiada, más perspicaz, más capaz y más prudente, la clase de seres que nos gustaría que nos representasen en un universo, por lo que sabemos, repleto de especies más antiguas, mucho más poderosas y muy diferentes.

Las inmensas distancias que separan las estrellas son providenciales. Los seres y los mundos están en cuarentena unos frente a otros. Y la cuarentena se levanta solamente a aquellos que tienen autoconocimiento y juicio suficientes como para haber viajado de forma segura de estrella a estrella.

En plazos inmensos de tiempo, en cientos de miles de millones de años, los centros de las galaxias explotan. Contemplamos, esparcidas por el espacio profundo, galaxias con «núcleos activos», quasars, galaxias deformadas por colisiones, con sus brazos espirales rotos, sistemas estelares reventados por la radiación o absorbidos ávidamente por agujeros negros, y deducimos que, en esos plazos, incluso el espacio interestelar y las galaxias pueden no ser seguros. Existe un halo de materia negra rodeando a la Vía Láctea, extendiéndose quizá hasta la mitad de la distancia que nos separa de la siguiente galaxia espiral (M 31 en la constelación de Andrómeda, la cual contiene también cientos de miles de millones de estrellas). No sabemos qué es esa materia oscura, ni cómo está dispuesta, pero una parte de la misma puede hallarse en mundos que no están ligados a estrellas individuales.

Puede ser en su mayor parte materia que no está compuesta por partículas subatómicas, que no contiene nuestros conocidos protones y neutrones, y tampoco es antimateria. Más del noventa por ciento de la masa del universo parece estar sumido en este oscuro, depuradísimo y profundamente misterioso material, completamente desconocido en la Tierra. Quizá un día no sólo comprenderemos lo que es, sino que además tal vez encontremos una manera de utilizarlo.

De ser así, nuestros descendientes del futuro remoto tendrán una oportunidad, en inimaginables intervalos de tiempo, de establecerse en el espacio intergaláctico

y de pasar a otras galaxias.

Pero en el plazo de tiempo necesario para poblar nuestra galaxia, si no mucho antes, debemos preguntarnos: ¿hasta qué punto es inmutable este anhelo de seguridad que nos empuja hacia fuera? ¿Nos sentiremos un día satisfechos con el nivel que ha alcanzado nuestra especie y con sus éxitos y nos retiraremos voluntariamente del escenario cósmico? Dentro de millones de años a partir de ahora —probablemente mucho antes— nos habremos convertido en seres diferentes. Aunque no hagamos nada de forma intencionada, el proceso natural de mutación y selección habrá labrado nuestra extinción o nos habrá hecho evolucionar hacia alguna otra especie precisamente en ese plazo de tiempo (a juzgar por el ejemplo que nos brindan otras especies de mamíferos). Durante el plazo de existencia de una especie de mamíferos —incluso aunque fuéramos capaces de viajar a la velocidad de la luz y no nos dedicáramos a ninguna otra cosa— no podríamos, en mi opinión, explorar ni siquiera una porción representativa de la galaxia Vía Láctea. Sencillamente, es demasiado grande. Y más allá hay cien mil millones de galaxias más. ¿Perdurarán nuestras motivaciones actuales a lo largo de plazos geológicos, y no digamos ya cosmológicos, si nosotros nos hemos transformado? En el transcurso de épocas, puede que encontremos salidas mucho más importantes y dignas para nuestras ambiciones que el mero hecho de poblar un número ilimitado de mundos.

Algunos científicos han imaginado que tal vez un día crearemos nuevas formas de vida, conectaremos mentes, colonizaremos estrellas, reconfiguraremos galaxias o impediremos, en un volumen cercano del espacio, la expansión del universo. En un artículo de 1993 en la publicación *Nuclear Physics*, el físico Andrei Linde —posiblemente en tono humorístico— sugiere que a la larga podría ser posible crear, en experimentos de laboratorio —aunque tendría que ser todo un señor laboratorio—, universos separados, independientes y en expansión. «Sin embargo —me escribe—, ni yo mismo sé si [esta sugerencia] no es más que una broma o es algo más.» Ante una lista así de proyectos para el futuro lejano no tendremos reparos en reconocer una constante ambición humana por arrogarnos poderes que, en su día, fueron considerados propios de un dios, o, empleando una metáfora más estimulante, por concluir la Creación.

A lo largo de muchas páginas hemos abandonado el dominio de las conjeturas plausibles para pasar a la temeraria intoxicación que supone la especulación casi sin límites. Ya es hora de volver a nuestra propia época.

Mi abuelo, que nació antes de que las ondas de radio fueran ni siquiera una curiosidad de laboratorio, vivió casi lo suficiente como para ver el primer satélite artificial contemplándonos desde el espacio. Hay personas nacidas antes de que existiera nada parecido a un avión que vieron en el crepúsculo de sus vidas cómo eran lanzadas cuatro naves rumbo a las estrellas. Con todos nuestros fallos, a pesar de nuestras limitaciones y falibilidades, los seres humanos somos capaces de lograr la grandeza. Eso es válido para nuestra ciencia y para algunas áreas de nuestra tecnología, para nuestro arte, música, literatura, altruismo y compasión, e incluso,

en raras ocasiones, para nuestra política. ¿Qué nuevas maravillas jamás soñadas en nuestro tiempo serán labradas en otra generación? ¿Y en otra? ¿Hasta dónde habrá caminado nuestra especie de nómadas a fines del próximo siglo? ¿Y al finalizar el próximo milenio?

Dos mil millones de años atrás nuestros antepasados eran microbios; quinientos millones de años atrás, peces; cien millones de años atrás eran parecidos a los ratones; y hace un millón de años, protohumanos intentando domesticar el fuego. Nuestro linaje evolutivo está marcado por la supremacía del cambio. En nuestro tiempo, el ritmo se está acelerando.

La primera vez que viajemos a un asteroide cercano, habremos penetrado en un hábitat que puede cautivar a nuestra especie para siempre. El primer viaje de hombres y mujeres a Marte constituye el paso clave para transformarnos en una especie multiplanetaria. Estos acontecimientos son tan trascendentales como la colonización de la tierra por nuestros antepasados anfibios y el descenso de nuestros antepasados primates de los árboles al suelo.

Los peces, provistos de rudimentarios pulmones y aletas poco adaptadas para caminar, debieron morir en ingentes cantidades antes de poner un pie en firme sobre la tierra. A medida que las selvas retrocedían lentamente, nuestros antepasados bípedos parecidos a los simios se escondían a menudo entre los árboles, huyendo de los predadores que acechaban en las sabanas. Las transiciones fueron dolorosas, se prolongaron durante millones de años, y fueron imperceptibles para los que se hallaban involucrados. En nuestro caso, la transición ocupa solamente unas cuantas generaciones y comporta solamente la pérdida de un puñado de vidas. El ritmo es tan vertiginoso que apenas somos capaces de comprender lo que está ocurriendo.

En cuanto nazcan los primeros niños fuera de la Tierra; cuando tengamos bases y puestos en asteroides, cometas, lunas y planetas; cuando vivamos de la tierra y eduquemos nuevas generaciones en otros mundos, algo habrá cambiado para siempre en la historia humana. No obstante, habitar otros mundos no implica abandonar éste, al igual que la evolución de los anfibios no significó el fin de los peces. Durante muchísimo tiempo solamente una pequeña porción de nosotros estará ahí fuera.

*En la moderna sociedad occidental*, escribe el estudioso Charles Lindholm, la erosión de la tradición y el colapso de las creencias religiosas aceptadas nos deja sin *telos* (un fin por el que luchar), una noción santificada del potencial de la humanidad. Privados de un proyecto sagrado, nos queda solamente una imagen desmistificada de una humanidad frágil y falible, que ya no será capaz de alcanzar la condición de dios.

Opino que es muy saludable —en realidad es esencial— que tengamos bien presente nuestra fragilidad y falibilidad. Me preocupa la gente que aspira a ser como un dios. Pero, en lo que hace referencia al objetivo a largo plazo y al proyecto sagrado, sí tenemos uno ante nosotros. De él depende la propia supervivencia de nuestra especie. Si hemos estado encerrados bajo llave en una prisión del yo, aquí

se nos brinda una trampilla para escapar, algo que vale la pena, algo mucho más grande que nosotros mismos, un acto crucial en beneficio de la Humanidad. Poblar otros mundos unifica naciones y grupos étnicos, liga a las generaciones y requiere de nosotros que seamos inteligentes y sensatos a la vez. Libera nuestra naturaleza y, en parte, nos devuelve a nuestros comienzos. Incluso ahora, este nuevo *telos* se halla a nuestro alcance.

El pionero psicólogo William James denominó religión al hecho de «sentirse en casa en el universo». Nuestra tendencia ha sido, tal como he descrito en los primeros capítulos de este libro, fingir que el universo es como quisiéramos que fuera nuestro hogar, en lugar de poner en duda nuestra noción de qué hay de hogareño en *abrazar* el universo. Si al considerar la definición de James estamos pensando en el universo real, entonces no poseemos todavía ninguna religión verdadera. Eso queda para otra época, cuando el aguijón de las grandes degradaciones haya quedado bien atrás, cuando estemos aclimatados a otros mundos y ellos a nosotros, cuando nos estemos extendiendo hacia las estrellas.

El cosmos se proyecta, a todos los efectos prácticos, para siempre. Tras un breve hiato sedentario, estamos recuperando nuestro antiguo estilo de vida nómada. Nuestros descendientes remotos, instalados bien seguros en muchos mundos del sistema solar y más allá, estarán unidos por una herencia común, por la estimación hacia su planeta y por el conocimiento de que, aunque el universo pueda albergar otra clase de vida, los únicos humanos en toda su extensión proceden de la Tierra.

Mirarán hacia arriba y se esforzarán por localizar el punto azul en sus cielos. No por ver su oscuridad y fragilidad lo amarán menos. Se admirarán de cuan vulnerable fue en su día el depositario de todo nuestro potencial, cuan azarosa nuestra infancia, cuan humildes nuestros comienzos, cuántos ríos tuvimos que cruzar antes de encontrar nuestro camino.



# AGRADECIMIENTOS

La mayor parte del material de este libro es nuevo. Algunos capítulos son desarrollos más amplios de artículos publicados primero en la revista *Parade*, un suplemento dominical de la prensa diaria americana que, con un volumen estimado de lectores que alcanza los 73 millones, es posiblemente la revista más leída en todo el mundo. Me siento enormemente en deuda con Walter Anderson, jefe de redacción, y David Currier, editor ejecutivo, por su apoyo y saber editorial, así como con los lectores de *Parade*, cuyas cartas me han ayudado a comprender en qué pasajes me he expresado con claridad y en cuáles lo he hecho de manera más confusa, y me han dado una idea de cómo eran recibidos mis argumentos. Partes de otros capítulos han surgido de artículos publicados en *Issues in Science and Technology*, *Discover*, *The Planetary Report*, *Scientific American* y *Popular Mechanics*.

Determinados aspectos de este libro han sido discutidos con numerosos amigos y colegas, cuyos comentarios lo han enriquecido en gran medida. Aunque son demasiados para mencionarlos nombre por nombre, deseo expresar mi más sincera gratitud a todos y cada uno de ellos. No obstante, quiero agradecer especialmente a Norman Augustine, Roger Bonnet, Freeman Dyson, Louis Friedman, Everett Gibson, Daniel Goldin, J. Richard Gott III, Andrei Linde, Jon Lomberg, David Morrison, Roald Sagdeev, Steven Soter, Kip Thorne y Frederick Turner sus comentarios sobre partes o la totalidad del manuscrito; a Seth Kaufmann, Peter Thomas y Joshua Grinspoon su ayuda con los cuadros y los gráficos; así como a un brillante grupo de artistas especializados en astronomía, cuyos nombres figuran en cada ilustración, por haberme permitido actuar como escaparate de su trabajo. Gracias a la generosidad de Kathy Hoyt, Al McEwen y Larry Soderblom, he tenido la oportunidad de dar a conocer algunos de los excepcionales fotomosaicos, mapas aerografiados y otras reducciones de imágenes de la NASA llevadas a cabo en el Departamento de Astrogeología del U. S. Geological Survey.

Debo agradecer también a Andrea Barnett, Laura Parker, Jennifer Bland, Loren Mooney, Karen Gobrecht, Deborah Pearlstein, así como a la difunta Eleanor York su capacitada asistencia técnica; y a Ann Godoff, Kathy Rosenbloom, Andy Carpenter y Martha Schwartz su colaboración en la producción. Beth Tondreau es responsable del elegante diseño de estas páginas.

En materia de política espacial, me he beneficiado de discusiones con otros miembros de la junta directiva de la Sociedad Planetaria, especialmente con Bruce Murray, Louis Friedman, Norman Augustine, Joe Ryan y el difunto Thomas O.

Paine. Dedicada a la exploración del sistema solar, la búsqueda de vida extraterrestre y las misiones internacionales tripuladas a otros mundos, es la organización que mejor encarna la perspectiva que presenta este libro. Los lectores que estén interesados en obtener una información más detallada sobre esta organización sin ánimo de lucro, el grupo más importante de interesados por los temas espaciales en toda la Tierra, pueden ponerse en contacto con:

THE PLANETARY SOCIETY 65 N. Catalina Avenue  
Pasadena, CA 91106 Tel: 1-800-9WORLD5

Tal como ha ocurrido en cada uno de los libros que he escrito desde 1977, no tengo palabras para expresar mi gratitud a Ann Druyan, por sus aportaciones críticas y fundamentales contribuciones, tanto en lo que se refiere al contenido como al estilo. En la inmensidad del espacio y del tiempo, me siento feliz de poder disfrutar del privilegio de compartir un mismo planeta y una misma época con Annie.

## NOTAS SOBRE EL AUTOR

CARL SAGAN ha jugado un papel principal en el programa espacial americano desde sus comienzos. Siendo consejero de la NASA a partir de los años cincuenta, instruyó a los astronautas del programa Apolo antes de que partieran hacia la Luna, y formó parte del equipo de experimentación en las expediciones de los *Mariner*, *Viking*, *Voyager* y *Galileo* a los planetas, incluyendo la primera misión planetaria coronada por el éxito, la del *Mariner 2*. Contribuyó a resolver los misterios de la elevada temperatura de Venus (origen: un masivo efecto invernadero), de los cambios estacionales observados en Marte (origen: polvo levantado por el viento) y de la envoltura roja de Titán (origen: presencia de moléculas orgánicas complejas).

Asimismo, ha sido pionero en la comprensión de las consecuencias globales de una confrontación nuclear, en la búsqueda de vida en otros planetas mediante naves espaciales, en la caza de señales de radio procedentes de civilizaciones distantes en el espacio, así como en lo que concierne a los estudios realizados en el laboratorio respecto a los pasos que conducen al origen de la vida.

El trabajo del doctor Sagan ha sido reconocido con las medallas de la NASA por Méritos Científicos Excepcionales y (en dos ocasiones) por Servicio Público Distinguido, así como el Premio Apollo Achievement de la NASA. El asteroide 2709 Sagan fue bautizado con su nombre. También le fue concedido el Premio de Astronáutica John F. Kennedy de la Sociedad Americana de Astronáutica, el premio del 15 aniversario del Explorers Club, la medalla Tsiolkovsky de la Federación Soviética de Cosmonáutica, el Premio Masursky de la Sociedad Americana de Astronomía («por su extraordinaria aportación al desarrollo de la ciencia planetaria») y, en 1994, la medalla del Bienestar Público, la más alta distinción de la Academia Nacional de Ciencias («por su notable tributo a la

aplicación de la ciencia al bienestar público... Nadie ha conseguido nunca transmitir las maravillas ni el carácter estimulante y jubiloso de la ciencia con tanta amplitud como lo ha hecho Carl Sagan... Su habilidad para cautivar la imaginación de millones de personas y para explicar conceptos complejos en términos comprensibles constituye un magnífico logro»).

Ganador del Premio Pulitzer, el doctor Sagan es autor de muchos bestsellers, entre los que destaca *Cosmos*, el libro científico más leído de cuantos se han publicado en lengua inglesa. La serie de televisión homónima, ganadora de los premios Emmy y Peabody, ha sido seguida por más de quinientos millones de personas en sesenta países. Actualmente, Sagan es profesor de la cátedra David Duncan de Astronomía y Ciencias del Espacio, así como director del Laboratorio de Estudios Planetarios de la Universidad de Cornell; Distinguished Visiting Scientist del Laboratorio de Propulsión a Chorro del Instituto de Tecnología de California, y cofundador y presidente de la Sociedad Planetaria, la asociación más importante del mundo dedicada a temas del espacio.

# BIBLIOGRAFÍA

(Citas y sugerencias para profundizar el tema)

## EXPLORACIÓN PLANETARIA EN GENERAL:

- J. Kelly Beatty y Andrew Chaiken, eds., *The New Solar System*, 3.<sup>a</sup> ed., Cambridge, Cambridge University Press, 1990.
- Eric Chaisson y Steve McMillan, *Astronomy Today*, Englewood Cliffs, N. J., Prentice Hall, 1993.
- Esther C. Goddard, ed., *The Papers of Robert H. Goddard*, 3 vols., Nueva York, McGraw-Hill, 1970.
- Ronald Greeley, *Planetary Landscapes*, 2.<sup>a</sup> ed., Nueva York, Chapman and Hall, 1994.
- William J. Kaufmann III, *Universe*, 4.<sup>a</sup> ed., Nueva York, W. H. Freeman, 1993.
- Harry Y. McSween, Jr., *Stardust to Planets*, Nueva York, St. Martin's, 1994.
- Ron Miller y William K. Hartmann, *The Grand Tour: A Traveler's Guide to the Solar System*, edición revisada, Nueva York, Workman, 1993.
- David Morrison, *Exploring Planetary Worlds*, Nueva York, Scientific American Books, 1993.
- Bruce C. Murray, *Journey to the Planets*, Nueva York, W. W. Norton, 1989.
- Jay M. Pasachoff, *Astronomy: From Earth to the Universe*, Nueva York, Saunders, 1993.
- Cari Sagan, *Cosmos*, Barcelona, Planeta, 1982.
- Konstantin Tsiolkovsky, *The Call of the Cosmos*, Moscú, Foreign Languages Publishing House, 1960 (trad. inglesa).

## CAPÍTULO 3. LAS GRANDES DEGRADACIONES

- John D. Barrow y Frank J. Tipler, *The Anthropic Cosmological Principle*, Nueva York, Oxford University Press, 1986.
- A. Linde, *Particle Physics and Inflationary Cosmology*, Harwood Academy Publishers, 1991.
- B. Stewart, «Science or Animism?», *Creation/Evolution*, vol. 12, núm. 1, 1992, pp. 18-19.
- Steven Weinberg, *Dreams of a Final Theory*, Nueva York, Vintage Books, 1994.

#### CAPÍTULO 4. EL UNIVERSO NO SE HIZO PARA NOSOTROS

Bryan Appleyard, *Understanding the Present: Science and the Soul of Modern Man*, Londres, Picador/Pan Books Ltd., 1992. (Los pasajes citados aparecen por orden en las páginas siguientes: 232, 27, 32, 19, 19, 27, 9, XIV, 137, 112-113, 206, 10, 239, 8, 8.)

J. B. Bury, *History of the Papacy in the 19th Century*, Nueva York, Schocken, 1964. Aquí, como en muchas otras fuentes, el *Syllabus* de 1864 aparece transcrito a su forma «positiva» (por ejemplo: «La revelación divina es perfecta»), en lugar de formar parte de una lista de errores condenados («La revelación divina es imperfecta»).

#### CAPÍTULO 5. ¿HAY VIDA INTELIGENTE EN LA TIERRA?

Carl Sagan, W. R. Thompson, Robert Carlsson, Donald Gurnett y Charles Hord, «A Search for Life on Earth from the *Galileo* Spacecraft», *Nature*, vol. 365, 1993, pp. 715-721.

#### CAPÍTULO 7. ENTRE LAS LUNAS DE SATURNO

Jonathan Lunine, «Does Titan Have Oceans?», *American Scientist*, vol. 82, 1994, pp. 134-144.

Carl Sagan, W. Reid Thompson y Bishun N. Khare, «Titan: A Laboratory for Prebiological Organic Chemistry», *Accounts of Chemical Research*, vol. 25, 1992, pp. 286-292.

J. William Schopf, *Major Events in the History of Life*, Boston, Jones and Bartlett, 1992.

#### CAPÍTULO 8. EL PRIMER PLANETA NUEVO

I. Bernard Cohen, «G. D. Cassini and the Number of the Planets», en *Nature, Experiment and the Sciences*, Trevor Levere y W. R. Shea, eds., Dordrecht, Kluwer, 1990.

#### CAPÍTULO 9. UNA NAVE AMERICANA EN LAS FRONTERAS DEL SISTEMA SOLAR

*Murmurs of Earth*, CD-ROM del disco interestelar de la nave *Voyager*, con introducción de Carl Sagan y Ann Druyan, Los Ángeles, Warner New Media, 1992, WNM 14022.

Alexander Wolszczan, «Confirmation of Earth-Mass Planets Orbiting the Millisecond Pulsar PSR B1257 + 12», *Science*, vol. 264, 1994, pp. 538-542.

#### CAPÍTULO 12. EL SUELO SE FUNDE

Peter Cattermole, *Venus: The Geological Survey*, Baltimore, Johns Hopkins University Press, 1994.

Peter Francis, *Volcanoes: A Planetary Perspective*, Oxford, Oxford University Press, 1993.

### CAPÍTULO 13. EL OBSEQUIO DE APOLO

Andrew Chaikin, *A Man on the Moon*, Nueva York, Viking, 1994.

Michael Collins, *Liftoff*, Nueva York, Grove Press, 1988.

Daniel Deudney, «Forging Missiles into Spaceships», *World Policy Journal*, vol. 2, núm. 2, primavera 1985, p. 271-303.

Harry Hurt, *For All Mankind*, Nueva York, Atlantic Monthly Press, 1988.

Richard S. Lewis, *The Voyages of Apollo: The Exploration of the Moon*, Nueva York, Quadrangle, 1974.

Walter A. McDougall, *The Heavens and the Earth: A Political History of the Space Age*, Nueva York, Basic Books, 1985.

Alan Shepherd, Deke Slayton et al., *Moonshot*, Atlanta, Hyperion, 1994.

Don E. Wilhelms, *To a Rocky Moon: A Geologist's History of Lunar Exploration*, Tucson, University of Arizona Press, 1993.

### CAPÍTULO 14. EXPLORAR OTROS MUNDOS Y PROTEGER EL NUESTRO

Kevin W. Kelley, ed., *The Home Planet*, Reading, M. A. Addison-Wesley, 1988.

Carl Sagan y Richard Turco, *A Path Where No Man Thought: Nuclear Winter and the End of the Arms Race*, Nueva York, Random House, 1990.

Richard Turco, *Earth Under Siege: Air Pollution and Global Change*, Nueva York, Oxford University Press, en prensa.

### CAPÍTULO 15. EL MUNDO DE LAS MARAVILLAS ABRE SUS PUERTAS

Victor R. Baker, *The Channels of Mars*, Austin, University of Texas Press, 1982.

Michael H. Carr, *The Surface of Mars*, New Haven, Yale University Press, 1981.

H. H. Kieffer, B. M. Jakosky, C. W. Snyder, y M. S. Matthews, eds., *Mars*, Tucson, University of Arizona Press, 1992.

John Noble Wilford, *Mars Beckons: The Mysteries, the Challenges, the Expectations of Our Next Great Adventure in Space*, Nueva York, Knopf, 1990.

### CAPÍTULO 18. EL PANTANO DE CAMARINA

Clark R. Chapman y David Morrison, «Impacts on the Earth by Asteroids and Comets: Assessing the Hazard», *Nature*, vol. 367, 1994, pp. 33-40.

A. W. Harris, G. Canavan, C. Sagan, y S. J. Ostro, «The Deflection Dilemma: Use vs. Misuse of Technologies for Avoiding Interplanetary Collision Hazards», en *Hazards Due to Asteroids and Comets*, T. Gehrels, ed., Tucson, University of Arizona Press, 1994.

John S. Lewis y Ruth A. Lewis, *Space Resources: Breaking the Bonds of Earth*, Nueva York, Columbia University Press, 1987.

C. Sagan y S. J. Ostro, «Long-Range Consequences of Interplanetary Collision Hazards», *Issues in Science and Technology*, verano 1994, pp. 67-72.

#### CAPÍTULO 19. REMODELAR LOS PLANETAS

J. D. Bernal, *The World, the Flesh and the Devil*, Bloomington, Indiana University Press, 1969; primera edición, 1929.

James B. Pollack y Carl Sagan, «Planetary Engineering», en J. Lewis y M. Matthews, eds., *Near-Earth Resources*, Tucson, University of Arizona Press, 1992.

#### CAPÍTULO 20. OSCURIDAD

Frank Drake y Dava Sobel, *Is Anyone Out There?*, Nueva York, Delacorte, 1992.

Paul Horowitz y Carl Sagan, «Project META: A Five-Year All-Sky Narrowband Radio Search for Extraterrestrial Intelligence», *Astrophysical Journal*, vol. 415, 1992, pp. 218-235.

Thomas R. McDonough, *The Search for Extraterrestrial Intelligence*, Nueva York, John Wiley and Sons, 1987.

Carl Sagan, *Contact: A Novel*, Nueva York, Simon and Schuster, 1985.

#### CAPÍTULO 21. ¡HACIA EL CIELO!

J. Richard Gott III, «Implications of the Copernican Principle for Our Future Prospects», *Nature*, vol. 263, 1993, pp. 315-319.

#### CAPÍTULO 22. DE PUNTILLAS POR LA VÍA LÁCTEA

LA. Crawford, «Interstellar Travel: A Review for Astronomers», *Quarterly Journal of the Royal Astronomical Society*, vol. 31, 1990, p. 377.

I. A. Crawford, «Space, World Government, and *The End of History*», *Journal of the British Interplanetary Society*, vol. 46, 1993, pp. 415-420.

Freeman J. Dyson, *The World, the Flesh, and the Devil*, Londres, Birkbeck College, 1972.

Ben R. Finney y Eric M. Jones, eds., *Interstellar Migration and the Human Experience*, Berkeley, University of California Press, 1985.

Francis Fukuyama, *The End of History and the Last Man*, Nueva York, The Free Press, 1992.

Charles Lindholm, *Charisma*, Oxford, Blackwell, 1990. El comentario acerca de la necesidad de un *telos* se encuentra en este libro.

Eugene F. Mallove y Gregory L. Matloff, *The Starflight Handbook*, Nueva York, John Wiley and Sons, 1989.

Carl Sagan y Ann Druyan, *Comet*, Nueva York, Random House, 1985.